

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE FARMÁCIA



**Efeito da Aplicação de Revestimentos Comestíveis Enriquecidos em  
Antioxidantes na Conservação de Frutos Minimamente Processados**

**Ana Isabel Steiner Ribeiro Gonçalves**

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Controlo de Qualidade e  
Toxicologia dos Alimentos

**2007**

**UNIVERSIDADE DE LISBOA**

**FACULDADE DE FARMÁCIA**



**Efeito da Aplicação de Revestimentos Comestíveis Enriquecidos em  
Antioxidantes na Conservação de Frutos Minimamente Processados**

**Ana Isabel Steiner Ribeiro Gonçalves**

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Controlo de Qualidade e  
Toxicologia dos Alimentos

**Dissertação orientada por:**

Orientadora Interna: Professora Doutora Matilde Fonseca e Castro

Orientadora Externa: Professora Doutora Margarida Moldão-Martins

**2007**

## AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Margarida Moldão Martins, por todos os conhecimentos transmitidos, disponibilidade e sentido prático com que conduziu este trabalho.

À Professora Doutora Matilde Castro, pelo apoio prestado durante todo o mestrado e, em particular, na concretização deste trabalho.

A todos os colegas do mestrado em Controlo de Qualidade e Toxicologia dos Alimentos, em particular à Sofia e ao Alberto, colegas de tantos trabalhos de grupo.

À Secção de Ciência e Tecnologia dos Alimentos do Instituto Superior de Agronomia, por todos os meios técnicos disponibilizados.

A todos os funcionários da Secção de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, em especial à Rosário, D.<sup>a</sup> Graziela, D.<sup>a</sup> Júlia e Marília, pela amizade e colaboração prestadas.

À Lúcia Correia e à Sara Beirão-da-Costa, pela troca de conhecimentos e pesquisas bibliográficas.

Agradeço à minha família e amigos pelo apoio prestado, especialmente ao Rui e à Nádia e pelo trabalho que tiveram a ler a tese.

Por último, mas não menos importante, o meu agradecimento muito ao especial ao Jorge, pela sua paciência e carinho, indispensáveis em todos os momentos da minha vida.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE QUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	VIII
RESUMO .....	1
ABSTRACT.....	2
OBJECTIVOS .....	3
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
1. Introdução .....	5
2. Maçã .....	8
2.1. Caracterização Botânica .....	10
2.2. Composição Química .....	11
2.3. Maçã Reineta .....	12
3. Frutos minimamente processados .....	13
3.1. Processo geral de fabrico.....	13
3.2. Alterações da qualidade .....	16
3.2.1. Alterações gerais da qualidade de frutos frescos cortados.....	16
3.2.2. Principais alterações na qualidade de maçã minimamente processada. ....	19
3.3. Processos de conservação .....	20
3.3.1. Métodos Físicos.....	21
3.3.2. Métodos Químicos .....	26
4. Aplicação de revestimentos comestíveis em frutos minimamente processados .....	28
4.1. Tipos de revestimentos comestíveis.....	28

---

4.1.1.	Revestimentos hidrocoloidais.....	30
4.1.2.	Revestimentos lipídicos .....	32
4.2.	Mecanismo de acção.....	32
DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL.....		34
5.	Materiais e métodos.....	37
5.1.	Matéria-prima .....	37
5.2.	Material de embalagem .....	37
5.3.	Materiais dos revestimentos comestíveis .....	37
5.4.	Métodos Analíticos .....	38
5.4.1.	Análise da Cor.....	38
5.4.2.	Análise de Textura .....	39
5.4.3.	Determinação do pH .....	40
5.4.4.	Determinação da Acidez .....	40
5.4.5.	Determinação do teor em Matéria Gorda Total .....	40
5.4.6.	Determinação do teor em Cinza.....	40
5.4.7.	Determinação do Teor de Sólidos Solúveis (TSS) .....	41
5.4.8.	Determinação do Índice de Fenóis.....	41
5.4.9.	Determinação da Taxa Respiratória.....	42
5.4.10.	Análise Sensorial .....	43
5.4.11.	Análise estatística dos resultados.....	43
6.	Caracterização físico-química da matéria-prima .....	44
7.	Desenvolvimento de revestimentos comestíveis.....	46
7.1.	Preparação e aplicação dos revestimentos .....	46
7.1.1.	Revestimentos à base de Carboximetilcelulose, Alginato e Pectina .....	47
7.1.2.	Revestimento à base de Quitosano .....	48

7.2.	Controlo Analítico .....	48
7.3.	Apresentação e discussão dos resultados .....	49
8.	Estudo do impacto de revestimentos comestíveis como veículo de incorporação de ácido ascórbico e ácido cítrico como agentes antioxidantes .....	51
8.1.	Apresentação e discussão dos resultados .....	52
9.	Estudo do impacto de ácido ascórbico e ácido cítrico como agentes antioxidantes incorporados em revestimentos <i>versus</i> em solução aquosa.....	56
9.1.	Apresentação e discussão dos resultados .....	58
10.	Estudo do impacto de tratamentos físicos <i>vs</i> tratamentos químicos.....	63
10.1.	Apresentação e discussão dos resultados .....	65
11.	Minimização do escurecimento no pós-corte e estudo do efeito da aplicação de radiação U.V.c na cor .....	69
11.1.	Apresentação e discussão dos resultados .....	71
12.	Conclusões .....	76
13.	Proposta de trabalho futuro .....	78
	BIBLIOGRAFIA.....	79
	ANEXOS .....	88
	ANEXO 1 .....	89
	ANEXO 2 .....	91
	ANEXO 3 .....	93
	ANEXO 4 .....	95
	ANEXO 5 .....	98
	ANEXO 6 .....	103

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2-1 – Classificação científica.....	10
Quadro 3-1 – Principais operações envolvidas na produção de frutos minimamente processados.	13
Quadro 4-1 – Propriedades dos vários constituintes dos revestimentos comestíveis.....	29
Quadro 6-1– Resultados médios da caracterização físico-química de maçã reineta parda.....	44
Quadro 7-1– Formulações dos revestimentos testados (% m/V).....	46
Quadro 7-2 - Resultados sensoriais das formulações testadas .....	49
Quadro 8-1 - Formulações dos revestimentos testados (% m/V).....	51
Quadro 8-2 - Resultados sensoriais das formulações testadas (6h após o processamento mínimo). .....	52
Quadro 9-1 - Formulações testadas (% m/V).....	56
Quadro 10-1 – Tratamentos testados. ....	63
Quadro 11-1 – Tratamentos testados. ....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 – Factores de qualidade percebidos pelos consumidores e as respostas da indústria a essas necessidades.....	6
Figura 2-1– Produção Mundial de Maçã em 2005 .....	9
Figura 2-2 - Calendário de produção e comercialização da maçã em Portugal.....	10
Figura 2-3 – Maçã Reineta parda. ....	12
Figura 3-1 - Inter-relação entre as respostas do tecido vegetal ao fermento (PAL – fenilalanina amónia liase; PPO – polifenoloxidase). ....	17
Figura 3-2 – Alterações relativas nas concentrações de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> durante a modificação passiva e activa da atmosfera no interior da embalagem. ....	23
Figura 5-1 – Sistema CIEL*a*b* .....	38
Figura 5-2 – Representação de um texturograma obtido pelo teste de compressão.....	39
Figura 5-3 – Determinação do índice de fenóis em diferentes partes da maçã. ....	41
Figura 5-4– Medição da taxa respiratória. ....	42
Figura 7-1 - Processamento mínimo.....	47
Figura 7-2 – Revestimentos à base de pectina de baixo metóxilo, Alginato e Carboximetilcelulose. ....	48
Figura 7-3 - Taxa de produção de CO <sub>2</sub> das amostras com revestimento de carboximetilcelulose (A3 e A4), alginato (B3 e B4), Pectina (C3 e C4) e Controlo.....	50
Figura 8-1 – Maçãs minimamente processadas com os diferentes revestimentos testados.....	53
Figura 8-2 – Determinação da luminosidade (L*), após 6h de exposição ao ar, a 20°C. ....	53
Figura 8-3 – Determinação da cromaticidade (C*), após 6h de exposição ao ar, a 20°C. ....	53
Figura 8-4 – Determinação da tonalidade (h°), após 6h de exposição ao ar, a 20°C.....	54
Figura 8-5 – Determinação da perda de massa após 4h de exposição ao ar, a 20°C. ....	54
Figura 8-6 - Taxa de produção de CO <sub>2</sub> das amostras com revestimento de Alginato (B5 e B6), Pectina (C5 e C6) e Controlo. ....	55
Figura 9-1 - Processamento mínimo.....	57
Figura 9-2– Variação da luminosidade (L*), ao longo do tempo de armazenamento. ....	58



Figura 9-3 – Variação da cromaticidade ( $C^*$ ) ao longo do tempo de armazenamento.....	58
Figura 9-4 – Variação da tonalidade ( $h^\circ$ ), ao longo do tempo de armazenamento. ....	58
Figura 9-5 – Força máxima de compressão.....	59
Figura 9-6 – Trabalho de compressão.....	59
Figura 9-7 – Avaliação sensorial das amostras testadas (dia 1).....	60
Figura 9-8 – Fotos das amostras após processamento mínimo (Dia 0, 30 minutos após o processamento mínimo). ....	61
Figura 9-9 – Análise discriminante dos resultados.....	61
Figura 10-1 – Processamento mínimo.....	64
Figura 10-2 – Variação do parâmetro $L^*$ da cor (luminosidade) no dia zero, durante 120 minutos. ....	66
Figura 10-3 – Variação do parâmetro $C^*$ da cor (cromaticidade) no dia zero, durante 120 minutos.....	66
Figura 10-4 – Variação do parâmetro $h^\circ$ da cor (tonalidade) no dia zero, durante 120 minutos. ....	66
Figura 10-5 – Variação do parâmetro $L^*$ da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).....	67
Figura 10-6 – Variação do parâmetro $C^*$ da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias). ....	67
Figura 10-7 – Variação do parâmetro $h^\circ$ da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).....	67
Figura 10-8 – Evolução da força máxima de compressão ao longo do tempo.....	68
Figura 10-9 – Evolução do trabalho de compressão ao longo do tempo. ....	68
Figura 11-1 – Processamento mínimo.....	70
Figura 11-2 - Variação do parâmetro $L^*$ da cor durante 150 minutos. ....	72
Figura 11-3 - Variação do parâmetro $C^*$ da cor durante 150 minutos.....	72
Figura 11-4 - Variação do parâmetro $h^\circ$ da cor durante 150 minutos. ....	72
Figura 11-5 - Variação do parâmetro $L^*$ da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).....	73
Figura 11-6 - Variação do parâmetro $C^*$ da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).....	73
Figura 11-7 - Variação do parâmetro $h^\circ$ da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).....	74
Figura 11-8 – Evolução da cor ao longo do tempo de armazenamento.....	75

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CIEL – Comissão Internationale de L'éclariage

CMC – carboximetilcelulose

F<sub>max</sub> – força máxima

GPP – Gabinete de Planeamento e Políticas

h° – tonalidade

L\* - luminosidade

C\* – cromaticidade

PAL – fenilalanina amónia liase

PME – pectina metil esterase

PPO – polifenoloxidase

RC – revestimento comestível

TQ – tratamento químico

TF – tratamento físico

TR – taxa respiratória

TSS – teor de sólidos solúveis

TTM – pré-tratamentos térmicos moderados

V – volume

## RESUMO

Os frutos frescos cortados ou minimamente processados apresentam uma actividade fisiológica acrescida relativamente aos frutos, o que conduz a alterações substanciais de cor e firmeza, entre outras.

A maçã reineta minimamente processada caracteriza-se por apresentar níveis de escurecimento elevados durante o processamento mínimo e ao longo do armazenamento.

Atendendo ao interesse comercial em produzir maçã reineta minimamente processada de qualidade e com um período de vida útil adequado, este trabalho teve por objectivo desenvolver metodologias que permitam manter níveis de qualidade elevados, por um período de vida útil compatível com o circuito comercial.

Avaliou-se o impacto da aplicação de revestimentos comestíveis hidrocoloidais, adicionados ou não de agentes anti-escurecimento, bem como a aplicação destes agentes isoladamente. Foram ainda testadas metodologias físicas (choque térmico e pré tratamento térmico moderado). O efeito das diferentes barreiras foi avaliado após processamento mínimo e ao longo do armazenamento sob refrigeração.

A aplicação dos revestimentos testados não se revelou eficaz no caso do fruto em estudo.

Das várias metodologias testadas verificou-se que a mais eficaz foi a aplicação de tratamento químico por imersão em solução antioxidante com uma concentração de 0,5% de L-cisteína e 2% de ácido cítrico, durante dois minutos. Este tratamento permitiu preservar a cor da maçã reineta minimamente processada durante 3 dias de armazenamento em câmara a 4°C e com humidade relativa superior a 90%.

**Palavras-chave:** Maçã reineta parda, processamento mínimo, revestimentos comestíveis, tecnologia de barreiras

## ABSTRACT

Minimally processed or fresh-cut fruits present added physiological activity over unprocessed fruits, which leads to substantial changes in colour and firmness, among others.

The Reinette apple is known for presenting high levels of browning during minimal processing and throughout storage.

Bearing in mind the commercial interests in producing minimally processed high-quality Reinette apple with an adequate shelf-life, it was this essay's goal to develop methods to enable the maintenance of high quality levels, for a shelf-life compatible with the commercial circuit.

It was this essay's goal to develop methods to enable high quality levels in minimally processed Reinette apple, so as to achieve a useful lifespan in commercial circuits.

It was evaluated the impact of applying hydrocolloidal edible coatings, with or without added anti-browning agents, as well as their separate application. The effect of the different barriers applied separately or in combination was evaluated after minimal processing and throughout storage under refrigeration. Physical methods such as thermal shock and mild heat pre-treatments were also tested.

The application of the evaluated coatings did not prove to be effective in the case of the fruit in question. Among the various methods was verified that the most effective one to be the application of a chemical treatment by immersion in an antioxidant solution with a concentration of 0,5% L-Cystein and 2% citric acid, for two minutes. This treatment allowed to preserve the minimally processed Reinette apple's colour for 3 days of storage in a chamber at 4°C with relative humidity above 90%.

**Keywords:** Reinette apple, fresh-cut fruit, edible coating, hurdle technology

## OBJECTIVOS

A maçã reineta caracteriza-se por ser uma *cultivar* que apresenta elevado nível de escurecimento após o corte e, por conseguinte, difícil de comercializar minimamente processada.

Novas imposições legais no que respeita as condições industriais, dificultam a utilização de hortofrutícolas em natureza, dado serem exigidas zonas distintas de laboração, nem sempre existentes. Assim, o consumo de produtos minimamente processados neste domínio tende a aumentar.

É objectivo geral do presente trabalho desenvolver metodologia(s) que conduza(m) a uma boa conservação de maçã reineta minimamente processada, de modo a viabilizar a sua comercialização.

### Objectivos Específicos

- Desenvolver um revestimento comestível que retarde o processo de degradação de maçã reineta minimamente processada, tendo presente que o sucesso dos revestimentos comestíveis para os frutos depende principalmente da permeabilidade aos gases do mesmo, por forma a que se alcance uma composição gasosa interna apropriada para o fruto em questão;
- Avaliar o efeito combinado do revestimento comestível desenvolvido com agentes anti-escurecimento, no prolongamento do tempo de prateleira da maçã reineta minimamente processada;
- Avaliar quais as concentrações de incorporação de agentes antioxidantes (serão considerados revestimentos enriquecidos com ácido cítrico, ácido ascórbico e L-cisteína);
- Fazer o acompanhamento dos diferentes estudos pela avaliação de parâmetros físicos (cor, perda de massa, textura), químicos e sensoriais do produto cortado, imediatamente após o corte e durante o armazenamento sob condições de refrigeração;

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 1. Introdução

O conceito de produtos com processamento mínimo, minimamente processados, IV gama ou frescos cortados, baseia-se na aplicação de processos que permitam a comercialização e facilidade de consumo ou conveniência e, ao mesmo tempo, com alterações pouco notáveis relativamente às características de qualidade do produto fresco inteiro (Vargas *et al.* 2007).

Os hortofrutícolas minimamente processados são produtos frescos seleccionados, lavados, cortados, descontaminados e embalados em atmosfera modificada, conservados em cadeia de frio e prontos a serem consumidos (Alves 2004; Cruz 2003; Sapata *et al.* 1996).

Estes produtos, além de manterem as características dos vegetais frescos que lhe deram origem, devem proporcionar, ao mesmo tempo, conveniência, qualidade e sanidade (Sousa *et al.* 2007; Wiley 1994). São produtos nutricionalmente equilibrados, que preservam as características sensoriais dos produtos frescos, numa forma 100% comestível (Alves 2004; Correia 2004).

Este processo tem como finalidade responder às seguintes necessidades, em relação aos produtos frescos (Figura 1-1):

- Manter as qualidades dos produtos, nomeadamente as características organolépticas, nutritivas e funcionais, evitando ou retardando o seu processo natural de senescência ou de degradação;
- Conseguir uma produção e uma distribuição mais racional e económica;
- Ter à partida um produto de elevada qualidade, prolongando a vida comercial do produto e levando ao consumidor uma imagem de produto fresco, muito atractivo e pronto a utilizar;
- Aumentar a margem de lucro no ponto de vendas pela diminuição de perdas durante o armazenamento e reduzir os custos de manuseamento.

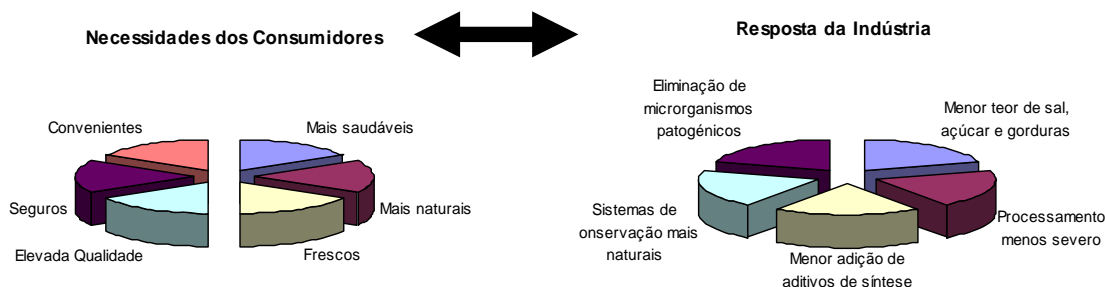


Figura 1-1 – Factores de qualidade percebidos pelos consumidores e as respostas da indústria a essas necessidades.

Os produtos minimamente processados foram desenvolvidos, primordialmente para abastecer a restauração, serviços de "catering" e sistemas institucionais. Só mais tarde se verificou a disponibilização no comércio a retalho (Alves 2004). Por razões de racionalização de trabalho e gestão de desperdícios, as empresas que trabalham com alimentação (restaurantes com sistema de comida a quilo, restaurantes tradicionais, cozinhas industriais e empresas de "catering"), bem como hospitais, clínicas e escolas, utilizam tendencialmente hortofrutícolas minimamente processados.

Os hortofrutícolas minimamente processados proporcionam ainda vantagens logísticas, como por exemplo menor necessidade de espaço para armazenamento, menor utilização de mão-de-obra, maior disponibilidade de tempo e garantia de qualidade (Alves 2004).

O consumo de produtos minimamente processados aumentou nas últimas décadas, sobretudo os hortícolas para saladas e sopas. Um factor importante para o aumento da procura de alimentos minimamente processados foi a tendência crescente na procura de alimentos saudáveis, frescos e de qualidade elevada (Alves 2004; Piga *et al.* 2003).

O consumo diário de frutos e vegetais tem um efeito benéfico na saúde, uma vez que são uma excelente fonte de vitaminas, minerais e fibra, além de possuírem um baixo conteúdo calórico. Contudo, este consumo é ainda muito baixo em relação às recomendações dos profissionais de saúde. Os hortofrutícolas minimamente processados são um dos "novos produtos" que vão de



encontro aos desejos dos consumidores: inovadores, sem conservantes e prontos a usar (Correia 2004).

A quota de mercado dos vegetais minimamente processados tem vindo a aumentar. No panorama mundial actual, o mercado destes produtos encontra um grande desenvolvimento nos E.U.A., sendo na Europa liderado pela França e pelo Reino Unido. Cerca de 70% desses produtos são utilizados em cozinhas industriais, "fast-food" e restaurantes, e os restantes 30% são distribuídos a retalho (Alves 2004).

Recentemente a indústria começou a dar especial importância ao desenvolvimento de frutos minimamente processados. Este mercado, apesar de menos dinâmico, encontra-se em expansão em alguns países, sendo ainda necessário desenvolver metodologias eficazes de conservação. Está demonstrado que o tempo de prateleira dos frutos frescos cortados é menor do que o que os hortícolas podem alcançar (Baldwin *et al.* 1995; Salinas-Hernández *et al.* 2007 (a)) e, recentemente, a investigação tem-se centrado no estudo de processos pós-corte e na aplicação de agentes anti-escurecimento e de revestimentos comestíveis (Gorny & Kader 1996; Lu *et al.* 2000).

No mercado nacional encontram-se hoje em dia diversos produtos IV Gama tais como: cenoura ripada, às rodelas ou em cubos, pedaços ou folhas de alface, saladas, misturas para sopas, entre outros (Caracol 2003).

No caso dos frutos minimamente processados, embora a oferta seja ainda limitada, manifesta também uma clara tendência de crescimento. De entre os vários frutos, a maçã, apresenta particular interesse entre nós, dada a nossa produção fruteira se centrar muito nestes frutos.

Acresce ainda o facto de o processamento mínimo poder constituir forma de comercialização de frutos de qualidade, mas de calibre não conforme. De entre as diferentes cultivares de maçã, a reineta afigura-se uma das mais difíceis de processar minimamente, dado que apresenta rápidos e acentuados níveis de escurecimento. No entanto, e dadas as inúmeras utilizações deste fruto em preparações culinárias, seria importante desenvolver metodologias que permitissem produzir maçã reineta minimamente processada.

## 2. Maçã

As maçãs são um fruto único, com uma enorme variedade de aromas, açúcares e ácidos. Possuem polpa com diferentes texturas e suculências. O número de *cultivares* existente é vasto mas apenas alguns apresentam interesse comercial.

Existem mais de 7.500 espécies, em climas temperados e subtropicais. O cultivo de macieira ocorre maioritariamente entre as latitudes de 30° e 50° do hemisfério norte e sul, uma vez que a latitudes abaixo do 30° não se verifica quebra da endodormência e, a latitudes superiores a 50°, o desenvolvimento do fruto não é adequado (Barden & Nielsen 2003; Pernas 2007).

Não se sabe ao certo qual a origem da macieira, mas pensa-se ser originária da região sul do Cáucaso (Barrancos 2002; Hulme & Rhodes 1971; Rodrigues 2003) e que todas as *cultivares* de macieiras derivam da macieira indígena ou brava da Europa e da Ásia Ocidental, "*Malus Pumila*", nome pelo qual é conhecida, tendo como sinónimos "*silvestris*" e "*comunis*".

As melhores maçãs resultaram do cruzamento de várias espécies de *M. Pumila*, algumas delas existentes na Europa há mais de 2000 anos, e introduzidas em muitos países pelos Romanos. A maior parte destas *cultivares* é, contudo, de origem recente (Rodrigues 2003).

De acordo com os dados da Food and Agriculture Organization (FAO), a produção mundial de maçãs em 2005 estimava-se em 63,5 milhões de toneladas, distribuídas por uma superfície de 5,2 milhões de hectares. A China é o maior produtor do mundo, com um volume anual de 25 milhões de toneladas, o que representa 39% da produção mundial. Seguem-se-lhe os Estados Unidos da América com 7%, o Irão e a Turquia, cada um com um peso de 4%. Na América do Sul destacam-se a Argentina e o Chile, que em conjunto produzem 4% do volume mundial (GPP 2007) (Figura 2-1).

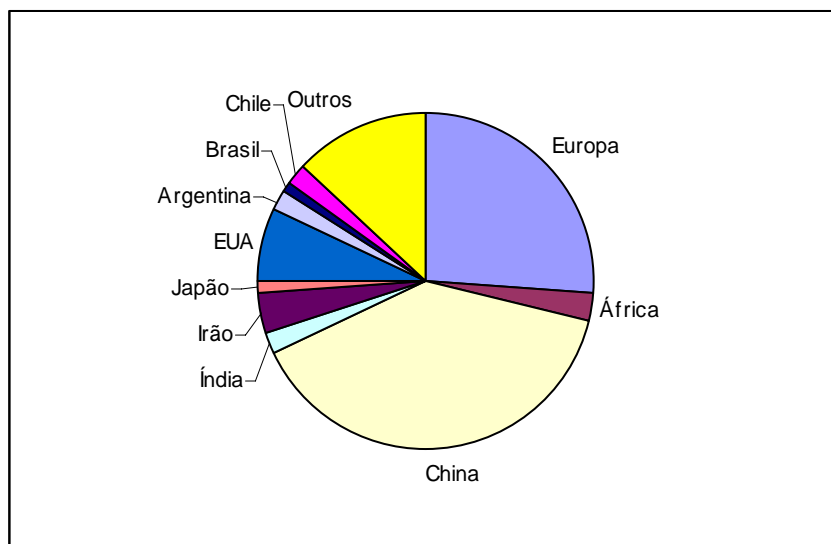


Figura 2-1– Produção Mundial de Maçã em 2005

Fonte: (GPP 2007).

Na União Europeia, a produção de maçãs no quinquénio de 2001-2005 foi de cerca de 11 milhões de toneladas. Os maiores produtores são, por ordem decrescente de importância, a Polónia, a França e a Itália, cada um com um volume superior a 2 milhões de toneladas, neste quinquénio (GPP 2007).

A produção nacional corresponde a 3,6% da produção da Europa a 15 Estados Membros, reduzindo-se para 2,5% se considerarmos a Europa a 25 Estados Membros (GPP 2007). Das *cultivares* com maior expressão de cultivo em Portugal destacam-se: a Golden Delicious, a Gala (Royal Gala), a Red Delicious/Starking, Jonagold e Jonagored, Reineta (Parda e Branca) e a Bravo de Esmolfe. Com menor expressão surgem a Riscadinha de Palmela, a Casa Nova, a Granny Smith e a Pink Lady.

A campanha da maçã decorre de 15 de Julho do ano  $n$  até 15 a 30 de Julho do ano  $n+1$ , graças ao poder de conservação dos frutos em estruturas de frio convencional (que se estende desde a colheita até Abril) ou em atmosfera controlada (que se estende desde a colheita até Julho) (Figura 2-2).

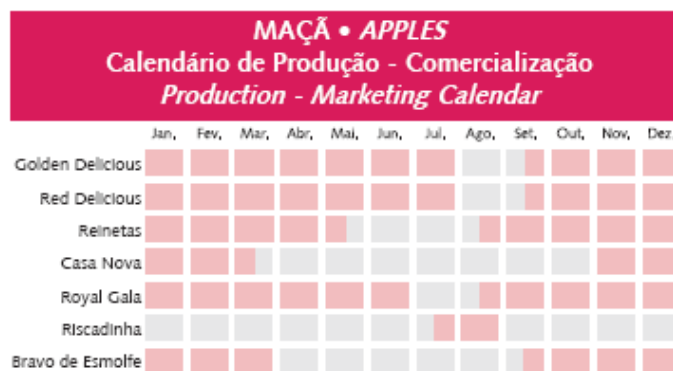


Figura 2-2 - Calendário de produção e comercialização da maçã em Portugal.

Fonte: (GPP 2007).

Na região do Ribatejo e Oeste predominam largamente as maçãs Gala, sendo também importantes as Golden Delicious e as Reinetas. Nas regiões de Trás-os-Montes e da Beira Interior têm grande expressão as Golden Delicious e Red Delicious/Starking. Na Beira Litoral, nas zonas de produção próximas de Viseu, têm maior expressão as *cultivares* referidos anteriormente, enquanto nas zonas de produção mais próximas de Leiria têm maior expressão as maçãs Golden Delicious e Gala. A produção de maçã Bravo de Esmolfe está concentrada nas zonas da Cova da Beira, Viseu e Douro Sul (GPP 2007).

## 2.1. Caracterização Botânica

A macieira é uma pomoideia da família Rosaceae que se adapta a todos os tipos de solos desde os solos argilosos e pesados aos francos e arenosos, de origem granítica, calcária, xistosa ou aluvionar.

Quadro 2-1 – Classificação científica.

Classificação científica	
Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Rosales
Família	Rosaceae
Género	<i>Malus</i>
Espécie	<i>Malus domestica</i>

Em termos climáticos suporta as mais diversas condições, desde que sejam satisfeitas as condições mínimas de frio de Inverno (Barrancos 2002; M.Moldão-Martins 1989). A árvore tem um porte semi-erecto, vigor médio, com ramificação regular, lançamentos compridos e delgados. A folhagem é sensível à necrose e à queda (Barrancos 2002; Ferreira 1994).

## 2.2. Composição Química

A maçã possui um considerável valor nutritivo tendo contudo um baixo valor calórico (USDA 2006).

É constituída principalmente por água e açúcares e apresenta um baixo teor de proteína e gordura. A maçã é ainda rica em fibra, minerais e vitaminas, sendo estes três elementos os principais responsáveis pelas vantagens nutricionais deste fruto (Anexo 1).

O teor de vitaminas pode variar com a *cultivar*, com o clima, com o solo e com os métodos de fertilização (Barrancos 2002; Fourier 1996).

A vitamina C é a vitamina que existe em maior quantidade. Contudo, esta vitamina é apenas responsável por uma pequena parte da sua actividade antioxidante. De acordo com estudos recentes, quase toda a actividade antioxidante provém de uma combinação de químicos vegetais, como tais como flavonoides e polifenóis, geralmente conhecidos como fitoquímicos ou fitonutrientes que se encontram na polpa e na casca da maçã e que apresentam actividade antioxidante, inibindo a actividade de radicais livres no organismo humano (Barrancos 2002). O teor em compostos fenólicos pode variar com a época de colheita e com a *cultivar* de maçã (Natural-Food-Fruit 2007).

A maçã contém também vitaminas do complexo B e diversos minerais, sendo uma boa fonte de potássio (Barrancos 2002). O alto teor de potássio contido na polpa da maçã promove a eliminação do sódio excedente, eliminando o excesso de água retida no corpo.

### 2.3. Maçã Reineta

A origem da maçã reineta é desconhecida, tendo sido registada em França pela primeira vez em 1821 (Pernas 2007).



Figura 2-3 – Maçã Reineta parda.

O calibre é irregular, sendo os calibres mais frequentes 75/80 mm, 80/85 mm, 85/90 mm. A forma é achatada, frequentemente irregular, com contornos amolgados e o pedúnculo é muito curto. (Pernas 2007; Trillot *et al.* 1993).

Esta *cultivar* apresenta uma casca espessa e a polpa é dura, medianamente succulenta, com tendência a farinhenta e de textura grosseira. Quando madura é muito sensível a danos físicos. O sabor é adocicado, ácido e perfumado, o que torna o fruto bastante apreciado em fresco, sendo no entanto, bastante utilizado em culinária (Pernas 2007; Trillot *et al.* 1993).

Na Europa a época de colheita ocorre entre a segunda quinzena de Agosto e as primeiras semanas de Outubro, consoante a região e as condições climáticas (Pernas 2007; Trillot *et al.* 1993).

O acondicionamento é efectuado em câmaras de refrigeração (3°C a 4°C) podendo ser em atmosfera normal, durante 180 a 210 dias, ou em atmosfera controlada (2-3% O<sub>2</sub> e 3-5% CO<sub>2</sub>), durante 210 dias. O frio pode provocar defeitos no fruto: amargor e escurecimento no caso de colheita tardia (Pernas 2007; Trillot *et al.* 1993).

### 3. Frutos minimamente processados

#### 3.1. Processo geral de fabrico

As operações tecnológicas de processamento mínimo consistem numa série de operações unitárias predominantemente físicas (Vieira 2003). Cada etapa do processo tem um papel importante no controlo dos mecanismos de alteração dos frutos e vegetais frescos, tal como a perda de água, o escurecimento enzimático, o amolecimento e o aumento das taxas respiratória e de produção de etileno (Ahvenainen 1996; Sousa *et al.* 2007).

O bom êxito desta tecnologia está associado à qualidade da matéria-prima e à optimização de todas as etapas necessárias à sua elaboração e manutenção da qualidade sensorial, higio-sanitária e nutricional. A matéria-prima deve ser seleccionada tendo em conta fundamentalmente dois aspectos: a variedade e o grau de maturação. A correcta selecção da variedade é de enorme importância já que pode simplificar as etapas e tratamentos de conservação que devem ser posteriormente aplicados (Gorny *et al.* 1999; Hernández *et al.* 2007 a). O estado de maturação do fruto é um factor limitante da qualidade de frutos minimamente processados e condiciona o seu tempo de vida útil (Hernández *et al.* 2007 b).

No Quadro 3-1 estão resumidas as principais operações envolvidas na produção de frutos minimamente processados, bem como os equipamentos e cuidados a observar:

Quadro 3-1 – Principais operações envolvidas na produção de frutos minimamente processados.

Fonte: (Alves 2004).

---

#### 1. Pré-arrefecimento e armazenamento

---

Objectivos	Manter a turgescência dos tecidos e minimizar as perdas vitamínicas, para garantir a qualidade das matérias-primas
Equipamento	Câmaras de refrigeração com controlo de temperatura (0 a 4°C) e H.R (98 a 100%)
Cuidados especiais	O pré-arrefecimento deve ser efectuado imediatamente após a recepção na unidade transformadora

---

## 2. Escolha e Calibração

Objectivos	Remover todo o material vegetal estranho ou de qualidade deficiente e uniformizar dimensões (em um ou mais lotes)
Equipamento	Operação manual ou equipamento de selecção e calibração
Cuidados especiais	Manuseamento cuidadoso dos produtos de modo a evitar danos físicos

## 3. Lavagem Preliminar

Objectivos	Retirar a sujidade proveniente do campo para diminuir a contaminação microbiológica inicial Baixar o teor em resíduos de pesticidas
Equipamento	Tapetes transportadores com chuveiros Tanques de lavagem com chuveiros
Cuidados especiais	A qualidade da água utilizada deve ser sempre potável e refrigerada (temperatura inferior a 5°C) A quantidade de água recomendada nesta operação é de 5 a 10 l/kg de produto (Ahvenainen 1996)

## 4. Descasque

Objectivos	Remover partes não edíveis
Equipamento	Manual com uso de facas Mecânico
Cuidados especiais	Reduzir ao máximo os danos dos tecidos Manutenção da temperatura ambiente baixa

## 5. Corte

Objectivos	Reduzir a dimensão do produto segundo o tipo de apresentação pretendida
Equipamento	Manual com uso de facas Mecânico, com cortadoras de diversos tipos
Cuidados especiais	Reduzir ao máximo os danos mecânicos provocados nos tecidos Provocar corte e não o esmagamento Manutenção da temperatura ambiente baixa Manutenção da higiene do meio

## 6. Descontaminação

Objectivos	Completar a lavagem preliminar retirando todos os materiais estranhos ainda aderentes Baixar a carga microbiana dos produtos
Variáveis do processo	Tipo de descontaminação, concentração do agente de descontaminação, tempo de contacto, temperatura da água e renovação da água dos banhos
Equipamento	Variável consoante o tipo de descontaminação
Cuidados especiais	Qualidade de água potável Concentração do agente de descontaminação Controlo da temperatura da água



**7. Enxaguamento\***

Objectivos	Reduzir a concentração do agente descontaminante, de forma a não comprometer a segurança e a qualidade organoléptica dos produtos
Equipamento	Tanque de água
Cuidados especiais	Evitar a recontaminação do produto

\*Necessário apenas quando a descontaminação seja de carácter químico.

**8. Escorrimento ou Secagem**

Objectivos	Eliminar o excesso de água superficial
Equipamento	Centrifuga Túnel de secagem
Cuidados especiais	A extensão de eliminação do excesso de água não deve implicar danos físicos no produto (exp. excesso de centrifugação) Evitar a recontaminação do produto

**9. Pesagem e Embalamento**

Objectivos	Constituir doses comercialmente recomendáveis Conservar o conteúdo, evitando ou retardando a degradação da qualidade e recontaminação do produto
Equipamento	Embaladoras para sacos (termoselagem) Embaladoras para caixas impermeáveis rígidas, de película superior, de permeabilidade controlada
Cuidados especiais	Seleção da embalagem de permeabilidade mais adequada Garantir a estanquicidade da embalagem (selagem) Controlo dos níveis gasosos (quando se trata de embalagem em atmosfera modificada) Evitar a recontaminação do produto

**10. Armazenamento**

Objectivos	Manter a qualidade do produto evitando ou retardando a degradação da qualidade
Equipamento	Câmaras de refrigeração com controlo de temperatura
Cuidados especiais	Verificação da manutenção da temperatura na câmara entre 0 e 4°C

**11. Distribuição e Venda**

Objectivos	Manter a qualidade do produto ou retardando a degradação da qualidade
Equipamento	Camiões transportadores e expositores de venda com controlo de temperatura
Cuidados especiais	Todo o percurso até ao consumidor final deve ser efectuado a temperaturas de refrigeração, entre 0 e 4°C

### 3.2. Alterações da qualidade

#### 3.2.1. *Alterações gerais da qualidade de frutos frescos cortados*

Perante a crescente concorrência mundial no sector dos frutos frescos e dos frutos frescos cortados, a qualidade do produto é um aspecto chave para o êxito comercial das empresas produtoras e de comercialização. Os frutos minimamente processados são produtos prontos a consumir que possuem as características de qualidade dos produtos frescos que lhes deram origem (Wiley 1994).

Estes produtos permanecem biológica e fisiologicamente activos. Esta situação aliada às reacções de degradação induzidas pelo corte, conduz à redução do tempo de vida útil do produto. Os processos aos quais são submetidos, provocam danos na integridade das células e modificação do seu metabolismo (Cantwell & Suslow 1999; Vargas *et al.* 2007; Xu *et al.* 2003), tal como aceleração de reacções enzimáticas, com a consequente deterioração das características sensoriais desejáveis e perda de nutrientes bem como o desenvolvimento de microrganismos (Hernández *et al.* 2007 b; Rodrigues 2003; Watada & Qi 1999).

Segundos após o corte/abrasão, as células vegetais danificadas produzem um sinal de lesão que se propaga às células adjacentes e induz uma série de respostas, as quais são geralmente prejudiciais para a manutenção da qualidade destes produtos (Saltveit 2000). Existem várias respostas e interacções que podem ocorrer durante e após o processamento mínimo dos hortofrutícolas. Algumas dessas interacções estão ilustradas na Figura 3-1. Assim, no pós-corte dos hortofrutícolas verifica-se:

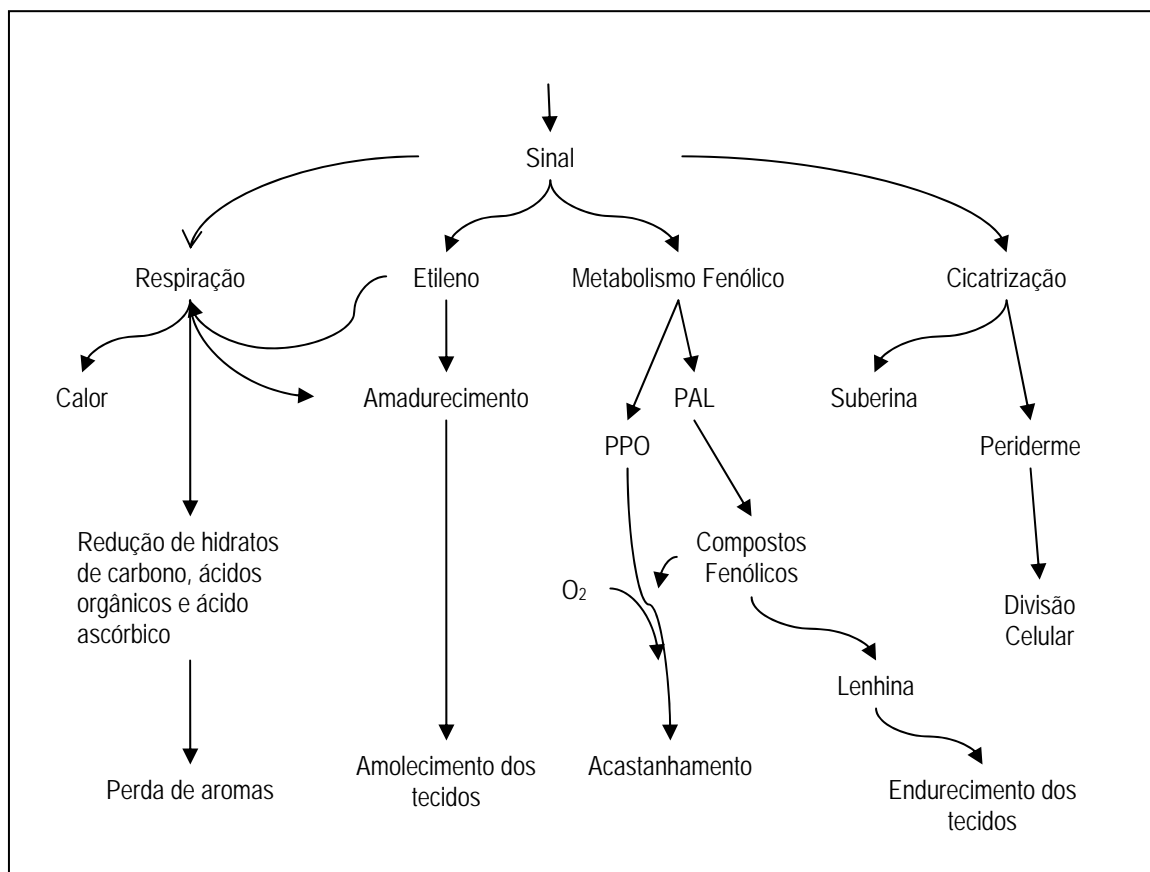


Figura 3-1 - Inter-relação entre as respostas do tecido vegetal ao ferimento (PAL – fenilalanina amónia liase; PPO – polifenoloxidase).

Fonte: Saltveit (2000).

1. **Escurecimento enzimático** – segundo Saltveit (2000) o metabolismo dos compostos fenólicos altera-se. Por um lado por oxidação dos compostos fenólicos existentes, que no pós-corte entram em contacto com enzimas endógenas (PPO), inicialmente em compartimentos celulares distintos; por outro lado, verifica-se a activação da PAL (fenilalanina amónia liase), com “produção” de mais substratos fenólicos, conduzindo a acastanhamentos mais pronunciados (Empís & Moldão-Martins 2000);
2. **Alteração da textura** - A qualidade da textura é geralmente afectada negativamente pelas operações de processamento mínimo (Gerschenson *et al.* 2001). A perda da firmeza é devida principalmente à acção de enzimas proteolíticas e pectinolíticas sobre os componentes da parede celular (Belloso *et al.* 2007). Ocorre uma perda de firmeza devido a reacções de hidrólise de macromoléculas estruturais como sejam as pectinas, as celuloses, as proteínas e as hemiceluloses (Empís & Moldão-Martins 2000). Na zona de

corte pode ocorrer a formação de uma camada de cicatrização mais firme, pela síntese de compostos tipo suberina e lenhina;

3. ***Senescência em consequência do aumento das taxas respiratória e de produção de etileno*** - Os efeitos mecânicos provocados pelo corte, descasque, abrasão ou esmagamento a que os tecidos vegetais são sujeitos, desencadeiam diversas reacções degradativas que estimulam a actividade respiratória e a síntese de etileno (Ferrerres *et al.* 1997; Varoquaux & Wiley 1997), com o consequente aumento do consumo de açúcares e/ou ácidos orgânicos. Ocorre maior perda de água e, dado que não se verifica a reposição da mesma, os tecidos tendem a desidratar;
4. ***Perda do valor nutricional dos produtos*** - O processamento mínimo acarreta uma ligeira alteração do valor nutritivo dos produtos. Por um lado, ocorre solubilização de compostos hidrossolúveis e alguma perda de fibra por hidrólise enzimática das macromoléculas estruturais; por outro lado, o aumento da actividade fisiológica leva a um maior consumo de substratos (Caracol 2003; Empís & Moldão-Martins 2000). A reacção à lesão pode conduzir a um aumento no teor de compostos funcionais, nomeadamente compostos fenólicos e ácido ascórbico (Beirão-da-Costa *et al.* 2007);
5. ***Alteração das características organolépticas*** - A actividade fisiológica, pós-colheita e pós-corte, leva alterações sensoriais, sendo a taxa de alteração normalmente proporcional à intensidade respiratória (Beirão-da-Costa 1998; Kader & Barret 1996);
6. ***Degradação por acção microbiana*** – Em termos microbiológicos, a degradação dos produtos hortofrutícolas minimamente processados deve-se essencialmente ao ataque por bactérias e fungos. O corte favorece o desenvolvimento microbiano, quer pela entrada de microrganismos nos tecidos, quer pela maior disponibilidade de substrato. Os principais métodos para o controlo microbiológico deste tipo de alimentos podem ser de carácter químico (aplicação de soluções de descontaminação, em que a mais utilizada é a solução de hipoclorito de sódio) ou físico (exp. U.V.). Para minimizar o impacto negativo que cada metodologia poderia ter isoladamente, recorre-se por vezes, de mais do que um método,

cada um de “baixa intensidade”. A cadeia de frio durante a produção e a distribuição do produto é um ponto essencial.

### 3.2.2. *Principais alterações na qualidade de maçã minimamente processada.*

Tal como acontece com outros frutos, na sequência das operações de processamento mínimo, a maçã sofre um conjunto de alterações a nível fisiológico, bioquímico e microbiológico, que depreciam a qualidade e limitam o respectivo período de vida útil.

O escurecimento enzimático (acastanhamento) é o mais crítico no que diz respeito à aceitação por parte do consumidor, pois desenvolve-se rapidamente, no pós-corte (Barrancos 2002).

O escurecimento enzimático está relacionado com a oxidação de compostos fenólicos (predominantemente localizados no vacúolo). Durante as operações de corte e descasque, libertam-se os diversos tipos de enzimas, que ficam em contacto com os substratos sobre os quais actuam (Hernández *et al.* 2007 a; López-Gálvez *et al.* 1996). E, dependendo do substrato com o qual possuem afinidade, as enzimas são fundamentalmente de três tipos (Varoquaux & Wiley 1997):

- Monofenoloxidase ou cresolase;
- o-difenoloxidase, catalase ou fenolase, também referida como polifenoloxidase (PPO);
- p-difenoloxidase ou lacase.

A polifenoloxidase está amplamente difundida nos tecidos vegetais (Billaud *et al.* 2004) e a sua actividade tem sido referida por numerosos autores, como o principal factor responsável pelo escurecimento da maçã (Nicolas *et al.* 1994; Rocha & Morais 2001).

Trata-se dum processo complexo. Na presença de oxigénio (que se difundiu nos tecidos aquando da operação de corte), a polifenoloxidase catalisa a oxidação dos substratos o-fenólicos para o-quinonas (levemente coradas) (Del Valle *et al.* 1998). As o-quinonas são altamente reactivas, podendo ser subsequentemente oxidadas e polimerizadas em pigmentos castanhos. Estas moléculas reagem com outras quinonas, compostos fenólicos, grupos amina de proteínas, péptidos

e aminoácidos, compostos tiol, ácido ascórbico, etc. (Cruz 2003; Whitaker & Lee 1995). Acresce ainda, segundo Saltveit (2000), que os tecidos vegetais podem reagir à lesão com activação da PAL, o que implica síntese de compostos fenólicos, conduzindo a acastanhamentos mais pronunciados.

### **3.3. Processos de conservação**

Como já foi mencionado, o período de vida útil dos frutos minimamente processados é um factor essencial para o seu sucesso comercial, devendo ser suficientemente alargado para permitir que o produto passe por todo o canal de distribuição e chegue ao consumidor com as características adequadas à sua aquisição (Pernas 2007).

No ponto anterior (3.2) referiram-se as principais alterações de ordem fisiológica que ocorrem nos frutos minimamente processados. O presente ponto visa abordar os principais métodos para controlar/minimizar as alterações referidas, bem como os respectivos mecanismos de actuação.

As operações de conservação revestem-se de alguma complexidade uma vez que é necessário lidar com um sistema heterogéneo (Alves 2004; Rolle & Chism 1987). Para manter as características dos frutos minimamente processados, é necessário recorrer à aplicação não só de um tipo de tratamento, mas sim de vários processos combinados – Tecnologia de Barreiras (Del Valle *et al.* 1998). Assim, a conservação dos frutos minimamente processados é assegurada pela combinação integrada de diversos tipos de métodos, aplicados ao longo das várias etapas, desde a selecção da variedade, passando pelo armazenamento dos produtos agrícolas até ao processamento e embalagem do produto final, tirando partido dos sinergismos entre os diferentes tratamentos (Alves 2004; Reyes 1996)

Os métodos físicos incluem a refrigeração, tratamentos térmicos ou aplicação de atmosferas modificadas e os métodos químicos são sobretudo à base da aplicação de agentes antioxidantes (Baldwin *et al.* 1995; Perez-Gago *et al.* 2005).

### 3.3.1. Métodos Físicos

#### 3.3.1.1. Refrigeração

Uma das formas de controlar a velocidade dos fenómenos degradativos passa pela manutenção da cadeia de frio (0°C a 4 °C) e humidade relativa ( $\geq 90\%$ ) (Alves 2004). A refrigeração é o método de conservação mais aplicado na conservação de frutos frescos. Uma rápida refrigeração e um rigoroso controlo da temperatura são fundamentais para retardar a maturação e a senescência dos produtos hortofrutícolas (Barrancos 2002; Mitchell 1992a).

A temperatura é o principal factor envolvido quer no controlo de microrganismos responsáveis pelo processo de degradação, quer na redução das taxas respiratórias, de produção de etileno e de transpiração (Barrancos 2002; Beirão-da-Costa 1998). Geralmente a velocidade a que ocorrem as reacções químicas de degradação do fruto, duplica por cada aumento de 10°C (Beirão-da-Costa 1998; Shewfelt 1996).

Assim, quanto mais baixa é a temperatura de armazenagem, mais longo é o período de conservação do fruto (Shewfelt 1996). Contudo, todos os produtos têm um limite inferior de temperatura (superior ao ponto de congelação) abaixo do qual podem ocorrer lesões de frio e, consequentemente, provocar a diminuição do valor do produto. Entre os danos provocados pelo frio que afectam os frutos e hortícolas destacam-se:

- Escurecimento interno;
- Incapacidade do fruto amadurecer;
- Perda de sabor;
- Polpa translúcida ou vitriscência;
- Dano superficial;
- Aumento da firmeza da polpa;
- Senescência acelerada (Empís & Moldão-Martins 2000).

A temperatura crítica abaixo da qual estes danos podem ocorrer depende não só da cultura mas também do estado de maturação e condições de crescimento (Watada & Qi 1999).

### 3.3.1.2. Atmosfera Modificada

A embalagem sob atmosfera modificada é um processo que se tem vindo a assumir como uma boa alternativa no prolongamento de vida útil dos produtos alimentares conservados sob temperaturas de refrigeração.

Segundo Moldão-Martins e Empís (Empís & Moldão-Martins 2000), ao alterarmos a composição da atmosfera no interior da embalagem, normalmente através da diminuição do teor de  $O_2$  e do aumento do teor de  $CO_2$ , diminui-se a velocidade de muitas reacções de deterioração, contribuindo deste modo para o aumento de vida útil dos hortofrutícolas. Por outro lado os microrganismos, patogénicos ou não, que poderiam conduzir à degradação do produto a conservar, são inibidos, devido aos níveis demasiado elevados de dióxido de carbono (Beirão-da-Costa 1998).

A modificação da composição da atmosfera interna da embalagem pode ser feita de duas formas distintas:

- ***Modificação activa da atmosfera:*** Consiste na substituição do ar da embalagem, antes da selagem da mesma, por outro gás ou mistura de gases (Vieira 2003). A composição da atmosfera a introduzir varia consoante o vegetal. Tradicionalmente, e como referido, estas misturas são empobrecidas em  $O_2$  (<5%) e enriquecidas em  $CO_2$  (>2%), no entanto encontra-se em desenvolvimento atmosferas ricas em  $O_2$  (>80%) ou de gases raros.
- ***Modificação passiva da atmosfera:*** Assim denominada pois não há a introdução de gases. Esta modificação é efectuada através da utilização de filmes de permeabilidade selectiva ou controlada (Ahvenainen 1996). Por norma deve utilizar-se filmes que evitem grandes acumulações de  $CO_2$  no interior da embalagem. Os níveis de  $CO_2$  e  $O_2$  no interior da embalagem vão variando ao longo do período de armazenamento, resultado do balanço entre a actividade metabólica e a taxa de permeabilidade do material de embalagem aos referidos gases (Empís & Moldão-Martins 2000; Vieira 2003).



Como evidenciado na Figura 3-2, uma modificação activa da atmosfera apresenta a vantagem de conduzir mais rapidamente à condição de equilíbrio.

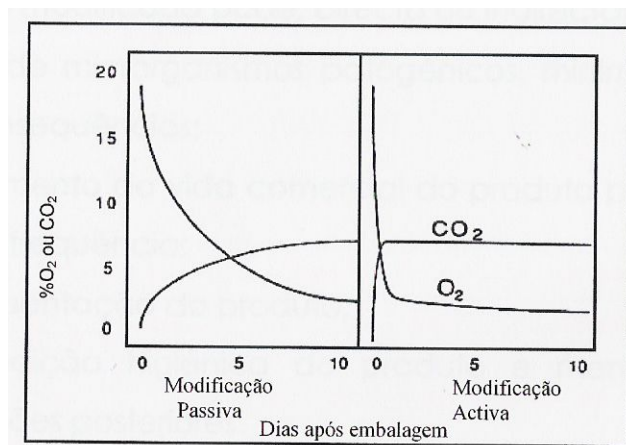


Figura 3-2 – Alterações relativas nas concentrações de  $O_2$  e  $CO_2$  durante a modificação passiva e activa da atmosfera no interior da embalagem.

Fonte: (Zagory & Kader 1988).

Em qualquer dos casos é importante evitar níveis de  $O_2$  perigosamente baixos ou níveis de  $CO_2$  demasiado altos, que possam levar à ocorrência de respiração anaeróbia, resultando no desenvolvimento de aromas indesejáveis, além de aumentar a susceptibilidade à deterioração (Garcia & Barret 2002).

Com vista à obtenção de atmosfera modificadas (activas e passivas) é importante considerar o tipo de filmes de embalagem com determinadas permeabilidades de forma a permitirem níveis de gases favoráveis ao aumento do período de vida útil dos produtos minimamente processados (Cameron *et al.* 1995; Vieira *et al.* 2001). Segundo Smith e Ramaswami (Smith & Ramaswamy 1996) as películas destinadas ao embalamento sob atmosfera modificada devem apresentar as seguintes características:

- Serem permeáveis a diferentes gases e ao vapor de água;
- Apresentarem resistência mecânica à ruptura, perfuração, compressão e impacto;
- Serem termosseláveis a temperaturas baixas;
- Terem boa resistência térmica e não reagir com o produto, para evitar fenómenos de migração;
- Manterem as características nutricionais, aroma e sabor do produto (Barrancos 2002; Smith & Ramaswamy 1996).

### 3.3.1.3. Pré-tratamentos Térmicos

Os pré-tratamentos térmicos de frutos e hortícolas têm sido utilizados desde há muitos anos na desinfestação e no controlo da deterioração dos produtos em câmara. Actualmente, a aplicação de pré-tratamentos térmicos é um dos métodos físicos utilizados com vista a prolongar o tempo de vida útil dos frutos e hortícolas minimamente processados.

O calor pode ser aplicado aos frutos e vegetais por imersão em banhos de água quente, por meio de vapor de água ou através de ar quente. Os tratamentos por imersão em água quente são adequados para tempos curtos e altas temperaturas. A transferência de calor dá-se mais rapidamente através da água do que através do ar.

Segundo Lurie (1988), os pré-tratamentos térmicos moderados (TTM) proporcionam diversos efeitos benéficos na qualidade pós-colheita dos frutos e hortícolas, na medida em que mantêm uma textura mais firme, diminuem a susceptibilidade a lesões pelo frio, diminuem a incidência e intensidade de danos patológicos (podridão e pragas de insectos) e retardam a maturação e a senescência (Barrancos 2002; Lurie 1998).

O efeito dos TTM, no que respeita à firmeza dos frutos minimamente processados, poderá em parte ser explicado, pelas alterações induzidas na actividade das enzimas pectinolíticas. Por um lado verifica-se a activação da pectina metil esterase (PME). Esta enzima apresenta actividade máxima a temperaturas relativamente elevadas. Como resultado da actividade desta enzima, resultam grupos carboxilo de ácido D-anidro-galacturónico livres, que podem assim formar complexos com catiões bivalentes existentes, particularmente com o cálcio, formando pectatos de cálcio e aumentando a firmeza da lamela média e da parede primária das células vegetais (Abreu *et al.* 2003). Por outro lado verifica-se a inactivação parcial da poligalacturonase.

Os efeitos dos TTM, no que respeita à cor, poderão estar relacionados com a actividade da polifenoloxidase, a enzima mais envolvida nas reacções de escurecimento enzimático dos vegetais.

Estes efeitos benéficos podem ainda ser melhorados quando o efeito do tratamento térmico é complementado com a suplementação em cálcio (Sousa *et al.* 2007). Alguns trabalhos publicados referem a eficiência deste tratamento na medida em que atrasa o escurecimento da superfície, causado pelo corte, em produtos minimamente processados de mangas (Sousa *et al.* 2007), peras, kiwis (Agar *et al.* 1999; Sousa *et al.* 2007) e pêssegos (Gorny *et al.* 1999; Sousa *et al.* 2007) e retarda o amolecimento de alguns frutos minimamente processados (Chardonnet *et al.* 2003).

Dentro dos tratamentos térmicos incluem-se ainda os tratamentos por branqueamento, que procuram inactivar as enzimas indesejáveis do tecido vegetal, incluindo a PPO. Apesar do evidente sucesso alcançado com o tratamento por imersão em água quente, a elevada temperatura ( $\approx 100^{\circ}\text{C}$  durante escassos segundos), pode causar lesões nos tecidos de frutos, se o tempo de exposição recomendado for excedido (mesmo que ligeiramente) (Caracol 2003).

#### 3.3.1.4. Revestimentos comestíveis

Os revestimentos comestíveis são uma forma alternativa aos métodos de conservação tradicionais.

Surgem, em grande parte, como resposta à procura pelo consumidor de produtos de elevada qualidade (Guilbert *et al.* 1996). São utilizados em frutos e vegetais por forma a aumentar o teu tempo de prateleira e melhorar a aparência destes produtos (Baldwin 1994; Baldwin *et al.* 1999).

Os revestimentos comestíveis podem definir-se como compostos comestíveis que, aplicados à superfície do alimento em finas camadas, actuam como barreira aos factores externos de alteração, protegendo o alimento (Guilbert *et al.* 1996).

Os revestimentos utilizados para revestir os frutos frescos cortados, podem controlar as trocas gasosas, controlar a taxa respiratória, diminuir as perdas nutritivas, reduzir a evaporação da água e prevenir o crescimento de microrganismos que levem à deterioração daqueles (Xu *et al.* 2003).

Por ser o objectivo central deste trabalho, este método é abordado com mais detalhe no capítulo seguinte (capítulo 4).

### 3.3.2. Métodos Químicos

Dado que, por definição, os produtos minimamente processados não podem conter conservantes, os métodos químicos são utilizados principalmente com o objectivo de diminuir escurecimento enzimático.

Alguns métodos utilizam agentes que actuam directamente sobre a enzima, outros que actuam sobre o meio de forma a dificultar o normal desenrolar da reacção e existem ainda outros métodos que actuam sobre os produtos primários da reacção (incolores), antes que estes possam levar à formação dos pigmentos não desejáveis (Garcia & Barret 2002).

A aplicação destes agentes é normalmente efectuada mediante a imersão da fruta cortada numa solução. Não obstante, o uso de revestimentos comestíveis em frutas frescas cortadas como meio de transporte de aditivo tem sido investigado por vários autores (Baldwin *et al.* 1996; Belloso *et al.* 2007; Lee *et al.* 2003).

#### 3.3.2.1. Agentes acidificantes

As polifenoloxidasas são as principais enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático da superfície dos frutos minimamente processados.

Embora o pH óptimo da actividade enzimática das polifenoloxidasas varie de ácido a neutro, na maioria dos frutos e vegetais foi observado que estaria entre 6 e 6,5 e ainda que a actividade desta enzima diminui quando o pH é inferior a 4,5 (Cruz 2003; Whitaker & Lee 1995).

O uso de produtos químicos que levam a um decréscimo do pH do produto, possui uma aplicação generalizada no controlo do escurecimento enzimático. Geralmente o acidificante utilizado é o ácido cítrico (Cruz 2003; Garcia & Barret 2002), que sendo mais utilizado como aditivo alimentar, não apresenta qualquer efeito secundário (Lidon & Silvestre 2007). Este ácido, à semelhança da maioria dos ácidos, pode ter várias funções tecnológicas, determinadas pelo seu baixo pH, sendo um importante acidificante e regulador de acidez. Funciona também como agente sinérgico de outros antioxidantes (Lidon & Silvestre 2007).

O ácido málico e o ácido tartárico apresentam-se igualmente como acidulantes possíveis de serem utilizados na produção de frutos minimamente processados.

#### 3.3.2.2. Agentes Redutores

Entre os agentes redutores normalmente adicionados aos produtos minimamente processados, destaca-se o ácido ascórbico e os seus sais, o 4-hexilresorcinol e alguns L-aminoácidos com grupos de enxofre como a L-cisteína (Belloso *et al.* 2007).

O ácido ascórbico é o agente redutor mais utilizado e além das suas propriedades redutoras também faz baixar, embora de forma ligeira, o pH. Este ácido reduz as O-benzoquinonas a o-difenóis.

A L-cisteína é um aminoácido polar sulfurado com a presença de um grupo tiol, desempenhando um papel muito importante na estabilização das proteínas de estrutura terciária, através de ligações covalentes (pontes de enxofre).

O escurecimento enzimático é minimizado pelo grupo tiol da L-cisteína através dos seguintes processos:

- Redução de o-quinonas a catecol e formação de o-quinonas-cisteína, evitando a polimerização e consequente formação de compostos corados;
- Remoção do oxigénio, impedindo que este esteja disponível para a oxidação dos fenóis;
- Reacção com o cobre do centro activo da PPO, não permitindo a oxidação dos compostos fenólicos.

Estes agentes redutores atrasam a oxidação mas não a impedem totalmente. Estes compostos são consumidos durante a reacção oferecendo assim apenas uma protecção temporária (Cruz 2003; Garcia & Barret 2002). Ao fim de algum tempo a acção antioxidante pode ficar saturada. A utilização de vários antioxidantes em simultâneo torna-se assim importante, de forma a obter uma acção sinérgica (Lidon & Silvestre 2007).

#### **4. Aplicação de revestimentos comestíveis em frutos minimamente processados**

Os revestimentos comestíveis são constituídos por finas camadas de materiais aplicados no alimento, sendo passíveis de serem consumidos (Rodrigues 2003). São aplicados à superfície do alimento, e actuam como barreira ao vapor de água, dióxido de carbono, oxigénio e outros solutos. Desta forma o alimento estará protegido, conduzindo ao aumento do seu período de conservação.

Actualmente os revestimentos comestíveis (RCs), têm ganho uma enorme importância e apresentam-se como uma alternativa para reduzir os efeitos prejudiciais provocados pelas operações de processamento mínimo dos frutos frescos cortados. No entanto a utilização de revestimentos comestíveis para a preservação dos alimentos não é recente e o seu campo de aplicação é vasto, indo muito para além do campo dos produtos hortofrutícolas.

Há alguns séculos, na China, já se usavam ceras para revestir laranjas e limões com objectivo de retardar a dessecação destes frutos (Hardenburg 1967; Park 1999). As primeiras utilizações documentadas remontam ao século passado, mas as primeiras patentes surgem nos anos 50 do século XX e referem-se a filmes de lípidos, alginatos, gomas e amidos para aplicação em carnes congeladas, aves e mariscos (Beirão-da-Costa 1998; Gennadios & Weller 1991; Guilbert *et al.* 1996).

Hoje em dia são muitas as referências à utilização de revestimentos comestíveis e estão relacionadas com o revestimento de frutos secos, queijos, peixe, carnes e doces (Beirão-da-Costa 1998; Gennadios & Weller 1991; Guilbert *et al.* 1996).

##### **4.1. Tipos de revestimentos comestíveis**

Os agentes de revestimento são substâncias que, por aplicação na superfície externa dos produtos alimentares, formam um revestimento protector, que pode conferir uma aparência brilhante (Lidon & Silvestre 2007).

Os revestimentos comestíveis devem obedecer a um conjunto de requisitos: constituir barreira ao vapor de água, serem solúveis em água ou em lípidos, não serem tóxicos e apresentarem características adequadas de cor, aspecto e propriedades reológicas e mecânicas (Beirão-da-Costa 1998).

Os componentes dos revestimentos comestíveis podem ser agrupados em dois grandes grupos: hidrocolodais e lipídicos. No primeiro grupo encontram-se as proteínas, os derivados de celulose, os alginatos, os amidos e outros polissacáridos. No segundo grupo incluem-se, entre outros, as ceras e os ácidos gordos (Beirão-da-Costa 1998).

Os revestimentos podem ser constituídos por elementos de apenas um destes grupos ou por elementos dos dois, formando filmes compostos. Os dois grupos de constituintes apresentam características diferentes principalmente no que se refere ao tipo de barreira que constituem (Quadro 4-1).

Assim sendo, as características específicas de cada revestimento devem servir de base à sua selecção, dependendo obviamente do tipo de alimento a revestir e da função a desempenhar (Krochta & Mulder-Johnston 1997). No caso dos hortofrutícolas minimamente processados, utilizam-se normalmente filmes compostos (Empís & Moldão-Martins 2000).

Quadro 4-1 – Propriedades dos vários constituintes dos revestimentos comestíveis.

Fonte: (Beirão-da-Costa 1998).

Material	Barreira ao vapor de água	Barreira ao oxigénio	Propriedade mecânica
Metilcelulose	Moderada	Moderada	Moderada
Colagénio	Fraca	Boa	Moderada
Gelatina	Fraca	Boa	-
Glúten	Moderada	Boa	Moderada
Caseína / Cera de abelha	Moderada	Boa	-
Cera de abelha	Boa	Fraca	Fraca
Pectina de baixo metóxilo	Moderada	Boa	Fraca

No caso dos frutos minimamente processados, com maior destaque para os frutos climatéricos, devem utilizar-se revestimentos que constituam boa barreira ao O<sub>2</sub>, para reduzir a taxa respiratória e, consequentemente, retardar a senescência.

A incorporação de componentes tais como lípidos, que contribui para melhorar as propriedades de barreira ao vapor de água deste tipo de revestimentos (Curtis *et al.* 2002) é importante para minimizar as perdas de água.

Outros constituintes importantes dos revestimentos comestíveis são os agentes plastificantes, que são utilizados para melhorar a flexibilidade e a “funcionabilidade” dos revestimentos comestíveis. Entre estes, o mais utilizado é o glicerol (Baldwin *et al.* 1996; Lee *et al.* 2003)

#### 4.1.1. *Revestimentos hidrocoloidais*

Os revestimentos à base de polissacáridos ou proteínas são geralmente barreiras eficazes ao gases e conferem boa protecção mecânica, mas são bastante permeáveis ao vapor de água (Tanada-Palmu & Grosso 2005), não devendo ser seleccionados quando o objectivo é controlar a migração do vapor de água.

Uma grande variedade de polissacáridos e seus derivados têm sido ensaiados para serem utilizados como revestimentos e filmes comestíveis (Beirão-da-Costa 1998). Entre os polissacáridos utilizados nos revestimentos a aplicar a frutos frescos cortados, destacam-se: o alginato, o carragenato, a carboximetilcelulose e a metilcelulose (Baldwin *et al.* 1996; Lee *et al.* 2003).

O alginato de sódio é o ácido do sal alginico, constituído por ácido poliurónico linear ligado por pontes 1→4, extraído de algas castanhas. Apresenta 3 tipos de segmentos poliméricos: ácido poli-β-D-manurónico; ácido poli-α-L-gulurónico e blocos constituídos por ácidos D-manurónico e L-gulurónico em alternância (Beirão-da-Costa 1998).



O alginato forma uma estrutura com catiões polivalentes, sendo o ião cálcio o melhor agente gelificante. A resistência e permeabilidade destes revestimentos podem ser alteradas modificando a concentração do catião bivalente, a taxa da sua adição, o pH, a temperatura e ainda pela presença de outros constituintes.

Embora estes filmes e revestimentos apresentem uma resistência limitada à permeabilidade do vapor de água, são bastante eficientes devido ao seu elevado teor de humidade. Dado constituírem uma boa barreira aos gases, os revestimentos de alginato podem oferecer protecção contra oxidações (Beirão-da-Costa 1998).

As pectinas são outros polímeros compostos principalmente por unidades de ácido  $\alpha$ -D-galacturónico ligados por ligações glicosídicas  $\alpha$  1 $\rightarrow$ 4, em que vários grupos carboxilo podem estar esterificados com grupos metilo. Tal como acontece com os alginatos, uma vez alinhadas as cadeias do polímero, podem estabelecer-se pontes de hidrogénio entre cadeias vizinhas formando um gel. Entre os vários tipos de pectinas, as mais utilizadas para o fim em vista são as pectinas de baixo metóxilo. O seu mecanismo de acção é semelhante ao do alginato (Beirão-da-Costa 1998).

Os derivados de celulose, constituídos por unidades D-glucose ligadas por ligações glicosídicas  $\beta$ -1,4, constituem uma boa barreira a óleos e gorduras, são flexíveis, transparentes, sem gosto nem cheiro. Constituem uma barreira moderada ao vapor de água, ao dióxido de carbono e ao oxigénio.

De entre os derivados de celulose, os filmes de carboximetilcelulose (CMC) têm sido utilizados na protecção de frutos e vegetais, com o intuito de constituírem uma barreira eficaz ao oxigénio e dióxido de carbono (Krochta & Mulder-Johnston 1997).

O uso de polipéptidos na produção de revestimentos e filmes não está tão estudado como o de polissacáridos (Beirão-da-Costa 1998). A gelatina, uma proteína derivada do colagénio, é uma das substâncias utilizadas. É composta por dezoito tipos de aminoácidos ligados por ligações peptídicas. A gelatina forma geis termo-reversíveis. O mecanismo de gelificação envolve a formação de ligações iónicas entre grupos amino e grupos carboxilo de cadeias laterais dos aminoácidos, sendo ainda mais importantes as interacções secundárias (pontes de hidrogénio)

(Beirão-da-Costa 1998; Kester & Fennema 1986). Os filmes proteicos constituem uma boa barreira ao CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> (Park 1999).

A proteína de soro de leite é igualmente muito estudada na formação de revestimentos comestíveis.

#### 4.1.2. *Revestimentos lipídicos*

Os revestimentos constituídos por lípidos (ceras ou lípidos) exibem uma boa barreira ao vapor de água, mas são uma barreira ineficaz aos danos mecânicos e são muito permeáveis ao oxigénio (Tanada-Palmu & Grosso 2005). A principal função dos revestimentos constituídos por lípidos é precisamente impedir (ou minimizar) as perdas de água, propriedade que lhes advém da sua baixa polaridade (Beirão-da-Costa 1998; Kester & Fennema 1986).

São vários os lípidos que podem ser utilizados na preparação de filmes ou revestimentos comestíveis. Entre estes encontram-se as ceras, os ácidos gordos, os gliceróis e agentes de superfície (Beirão-da-Costa 1998; Kester & Fennema 1986).

Os lípidos melhoram as características mecânicas (principalmente em frutos), reduzindo assim os danos físicos (Gennadios & Weller 1991; Guilbert *et al.* 1996).

#### 4.2. **Mecanismo de acção**

A barreira semipermeável criada pelos revestimentos comestíveis tem como objectivo aumentar o período de vida útil dos produtos minimamente processados, mediante a redução da migração da água e de solutos, das trocas gasosas, da actividade metabólica e da velocidade das reacções oxidativas (Debeaufort 1998; Han *et al.* 2004).

A aplicação de revestimentos comestíveis pode ser um método alternativo para o prolongamento do período de vida útil de frutos frescos cortados, na medida em que exerce um efeito semelhante

ao armazenamento em atmosfera modificada, onde a composição de gases no interior da embalagem pode ser controlada (Park 1999; Tanada-Palmu & Grosso 2005).

Os revestimentos podem controlar os fenómenos fisiológicos, retardando as perdas de água e a senescência (Baldwin *et al.* 1997; McGuire & Hallman 1995), contudo podem provocar alterações de aromas (Hagenmaier 1993), dado que podem conduzir a acumulação de aromas naturais e/ou aparecimento de aromas estranhos.

À semelhança do que pode acontecer com as embalagens em atmosfera modificada, a atmosfera criada pelos revestimentos pode, em resposta às condições ambientais, tais como temperatura e humidade, em conjunto com a respiração dos frutos e a permeabilidade dos revestimentos, provocar alterações de sabor e aroma como resultado de respiração anaeróbia (Baldwin *et al.* 1999).

Nos trabalhos de Baldwin (1995), Park (1999) e Crespo (2007) são resumidos alguns resultados sobre o potencial dos revestimentos comestíveis no prolongamento do período de vida útil de frutos e hortícolas minimamente processados.

Os revestimentos comestíveis podem ainda apresentar como vantagem adicional, o facto de melhorar organoléptica e nutricionalmente os alimentos revestidos através da incorporação de diversos aditivos, isto é, podem ser utilizados como veículos para a incorporação de agentes, tais como antioxidantes, aromas, cores, agentes anti-microbianos e nutracêuticos (Debeaufort 1998; Mei *et al.* 2002).

# **DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL**

Atendendo a que o objectivo deste estudo se centrou no desenvolvimento de metodologias conducentes à preservação de maçã reineta parda minimamente processadas, o trabalho compreendeu as seguintes etapas:

- **Caracterização inicial da matéria-prima**

Para a caracterização da maçã reineta parda, efectuaram-se análises físico-químicas de cor, acidez titulável total, pH, teor em cinza, teor de sólidos solúveis, índice de fenóis e teor de matéria gorda total (capítulo 6).

- **Desenvolvimento de revestimentos comestíveis**

Com o objectivo de desenvolver revestimentos comestíveis que constituíssem uma barreira semipermeável aos gases e que, simultaneamente, não afectasse sensorialmente as maçãs minimamente processadas, foram testados revestimentos de diferentes composições e concentrações e foi avaliado o seu efeito na variação da taxa respiratória (capítulo 7).

- **Estudo do impacto de revestimentos comestíveis como veículo de incorporação de ácido ascórbico e ácido cítrico como agentes antioxidantes**

Após optimização da composição dos revestimentos comestíveis, procedeu-se à incorporação de agentes antioxidantes naqueles e foi avaliado o impacto da aplicação destes revestimentos, na variação da taxa respiratória, cor e perda de massa na maçã fresca cortada (capítulo 8).

- **Aplicação agentes antioxidantes incorporados em revestimentos *versus* aplicação em solução aquosa**

Foi optimizada a composição dos revestimentos comestíveis adicionados de agentes antioxidantes e pretendeu-se também comparar o efeito desta metodologia com a aplicação de agentes antioxidantes por imersão em solução aquosa. Foram avaliados os principais parâmetros de qualidade (cor e textura) e foi efectuada análise sensorial (capítulo 9).

- **Impacto da aplicação de tratamentos físicos *versus* aplicação de tratamentos químicos**

Foram testadas metodologias alternativas aos tratamentos químicos. Foram testados dois tratamentos físicos (choque térmico e pré-tratamento térmico moderado), três tratamentos

químicos (soluções de ácido ascórbico e ácido cítrico e de L-cisteína e ácido cítrico) e um tratamento misto (choque térmico em solução de cloreto de cálcio seguido de arrefecimento em solução antioxidante). Para avaliar o efeito destes tratamentos nas maçãs reineta minimamente processadas, foi avaliada a cor e a textura durante o tempo de armazenamento (4 dias) (capítulo 10).

- **Minimização do escurecimento no pós-corte e estudo do efeito da radiação U.V. na cor**  
Neste último estudo pretendeu-se otimizar a composição dos revestimentos comestíveis com incorporação de agentes antioxidantes. Aos revestimentos em que se obtiveram melhores resultados (capítulo 9), foram incorporados os agentes antioxidantes cujos tratamentos químicos obtiveram melhores resultados (capítulo 10). Foi feito ainda um último estudo no qual foi avaliado o efeito do tratamento físico por aplicação de radiações U.V.. O efeito dos tratamentos aplicados foi avaliado em termos de variação de cor ao longo do tempo de armazenamento (capítulo 11).

## **5. Materiais e métodos**

### **5.1. Matéria-prima**

Neste trabalho foram utilizadas maçãs Reineta Parda de origem nacional com um calibre de 75/80. As maçãs foram adquiridas numa grande superfície em caixas de 35 unidades.

### **5.2. Material de embalagem**

Para a embalagem das maçãs minimamente processadas, foi utilizado um co-polímero de polietileno de baixa densidade e de cloreto de polivinilideno, com permeabilidades de 3000-4000 e 11000-15000 (ml/m<sup>2</sup>/24h/atm) ao O<sub>2</sub> e ao CO<sub>2</sub>, respectivamente.

### **5.3. Materiais dos revestimentos comestíveis**

Na elaboração dos revestimentos comestíveis foram utilizadas os seguintes agentes hidrocoloidais:

- Quitosano da Flucka;
- Alginato de Sódio da Flucka;
- Carboximetilcelulose de Sódio da Flucka;
- Pectinas de baixo metóxilo, com 30% de esterificação da Unipektine.

Como agentes plastificantes foram utilizados:

- Glicerol da Flucka;
- Cera de abelha, que foi adquirida na Tapada da Ajuda;

Como agente emulsionante foi utilizado Tween 80 da Flucka (polisorbato 80).

## 5.4. Métodos Analíticos

### 5.4.1. Análise da Cor

Para a determinação da cor foi utilizado um colorímetro Minolta CR300 com o *software* ChromaMagic versão 1.00, usando o sistema de coordenadas  $L^* a^* b^*$  definido pela "Comission Internationale de L'éclariage" (CIE  $L^*a^*b^*$ ) Uniform Color Space".

O grau de luminosidade (ou escurecimento) é representado pela letra  $L^*$  e varia entre 0% (escuro) e 100% (claro),  $a^*$  refere-se ao vermelho se o valor for positivo e a verde se o valor for negativo. A componente  $b^*$  refere-se ao amarelo se for positivo e ao azul se for negativo (Figura 5-1) (Clydescale 1984).

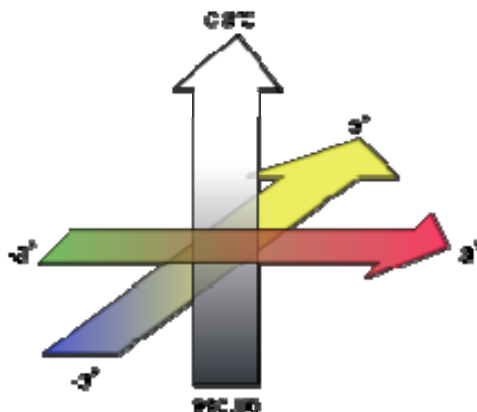


Figura 5-1 – Sistema CIE  $L^*a^*b^*$ .

Estas coordenadas cartesianas, dadas directamente pelo aparelho, foram depois convertidas nas coordenadas polares tonalidade ( $h^\circ$ ) e cromaticidade ( $C^*$ ), que se relacionam melhor com os estímulos captados pela visão (McGuire 1992). A cromaticidade e a tonalidade são obtidas através das coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  através das equações 5.4-1 e 5.4-2, respectivamente:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Equação 5.4-1}$$

$$h^\circ = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Equação 5.4-2}$$



A cromaticidade corresponde à pureza ou intensidade da cor, e a tonalidade corresponde à cor propriamente dita, expressa em graus e variando entre 0° e 360°:

Todas as medições foram realizadas nas mesmas condições de luminosidade (luz artificial). Antes de se efectuarem as determinações, o colorímetro foi calibrado com um padrão branco ( $L^*$  97,46,  $a^*$  0,002,  $b^*$  1,72). Foram efectuadas no mínimo 12 determinações para cada amostra.

#### 5.4.2. *Análise de Textura*

A textura foi avaliada através de um teste de compressão. Foi utilizado um texturómetro TA-XT2 da *Stable Microsystems*, com uma célula de 5Kg. Usou-se uma sonda do tipo prato, em inox, com 35 mm de diâmetro (área de contacto de 286,5 mm<sup>2</sup>), deslocando-se a uma velocidade de 1 mm.s<sup>-1</sup> sobre um cilindro de maçã com 10 mm de altura e 10 mm de diâmetro. A compressão foi de 5 mm após contacto com a amostra. Os testes foram realizados a 20°C. Foram efectuadas no mínimo 12 determinações para cada amostra.

Para o tratamento dos resultados utilizou-se o *software Texture Expert* e foi calculada a força máxima de compressão (expressa em N) e o trabalho de compressão (expresso em N.s) (Figura 5-2):

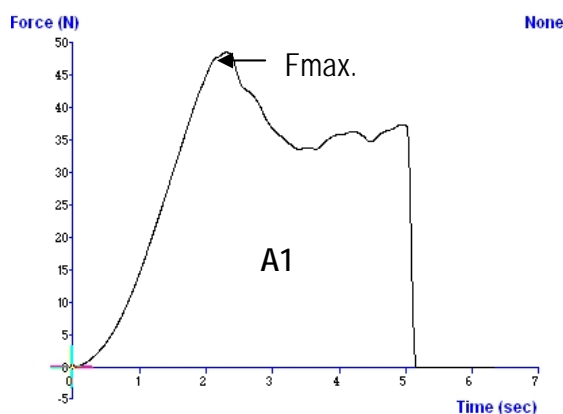


Figura 5-2 – Representação de um texturograma obtido pelo teste de compressão.

(Fmax – força máxima de compressão, A1 – trabalho de compressão).

#### *5.4.3. Determinação do pH*

O pH foi determinado por método potenciométrico. As determinações foram efectuadas na amostra triturada, à temperatura ambiente. Foram efectuadas 3 determinações por cada amostra.

#### *5.4.4. Determinação da Acidez*

A acidez foi determinada segundo da Norma Portuguesa NP 1421 (1977). Os resultados foram expressos em g de ácido málico por 100g de produto. Foram efectuadas 3 determinações por cada amostra.

#### *5.4.5. Determinação do teor em Matéria Gorda Total*

O teor em matéria gorda total foi determinado adaptando o método descrito na Norma Portuguesa NP 1974 (1991). Este método consiste na extracção da gordura em aparelho de Soxhlet, com éter de petróleo (40 a 60 °C) durante 4 horas. Seguidamente o solvente é removido e o resíduo pesado. Foram efectuadas 3 determinações para cada amostra.

#### *5.4.6. Determinação do teor em Cinza*

O teor em cinza foi determinado por adaptação à Norma Portuguesa NP 2032 (1988). Pesaram-se aproximadamente 2g de amostra dentro de cadinhos de porcelana previamente tarados e reduziu-se a cinzas numa mufla Vulcan NEY 3-550, a 550 °C durante 4h. Seguidamente arrefeceu-se no exsiccador e pesou-se. Foram realizadas 3 determinações por amostra.

#### 5.4.7. Determinação do Teor de Sólidos Solúveis (TSS)

O teor em sólidos solúveis (TSS) foi determinado a partir de cada amostra triturada, utilizando um refractómetro (modelo digital CETI Brix-040). Antes de se efectuarem as determinações o refractómetro foi calibrado com água destilada. As determinações foram efectuadas em triplicado.

#### 5.4.8. Determinação do Índice de Fenóis

O índice de fenóis foi determinado por adaptação ao método descrito por Ribéreau-Gayon *et al.* (1978). Foram trituradas 10 g de amostra e fez-se uma diluição 1:10 com água destilada, seguida de centrifugação a 3500 rpm durante 20 minutos. Após centrifugação, filtrou-se o sobrenadante e diluíram-se 10 ml numa proporção 1:10 com água destilada. A determinação do índice de fenóis foi feita por leitura da absorvência a 280 nm num espectrofotómetro UV-Vis da Unicam. A determinação de fenóis foi efectuada em diferentes regiões da polpa da maçã: junto ao epicarpo (A) e junto ao endocarpo (B) (Figura 5-3).

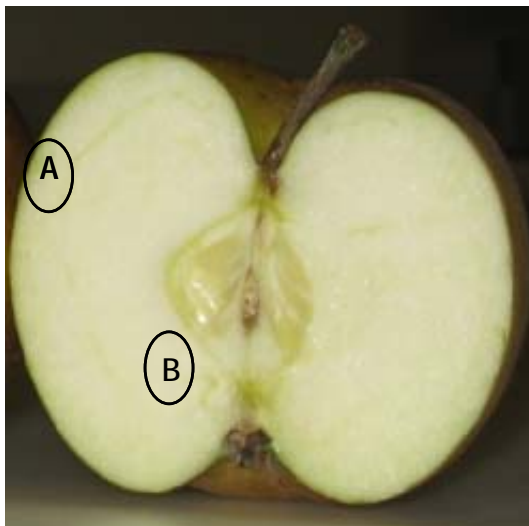


Figura 5-3 – Determinação do índice de fenóis em diferentes partes da maçã.

(A – Junto ao epicarpo; B – Junto ao endocarpo).

#### 5.4.9. Determinação da Taxa Respiratória

Para a determinação da taxa respiratória, foi efectuada a medição do CO<sub>2</sub> libertado por uma massa conhecida de maçã ao longo do tempo e a determinada temperatura. A taxa respiratória (TR) é definida pela seguinte equação:

$$TR = \frac{\Delta C}{100 \times \Delta t} \times \frac{v}{m} \text{ (ml/kg.h)} \quad \text{Equação 5.4-3}$$

Em que:

$\Delta C$  = variação do teor de CO<sub>2</sub> ou de O<sub>2</sub>;

$\Delta t$  = intervalo de tempo (h)

$v$  = volume de ar no circuito (ml)

$m$  = massa (kg)

A medição foi efectuada utilizando recipientes de volume conhecido onde se colocou uma determinada massa (m) de maçã (Figura 5-4).



Figura 5-4– Medição da taxa respiratória.

A composição da atmosfera foi acompanhada ao longo do tempo. A % de CO<sub>2</sub> libertado foi medida recorrendo a um analisador de gases (PBI – Dansensor Check Mate 9900).

#### *5.4.10. Análise Sensorial*

Para a análise sensorial, recorreu-se a um painel de 10 provadores semi-treinados. Esta análise visou a quantificação das alterações, nomeadamente no que diz respeito ao aspecto visual do produto (escurecimento e amolecimento) e da presença ou não de aromas e sabores estranhos. Utilizou-se um teste descritivo. Foi ainda realizada uma prova de ordenação (escala hedónica). Foram avaliados os seguintes atributos: cor, textura, suculência, aroma e sabor característico e intenção de compra.

#### *5.4.11. Análise estatística dos resultados*

O *software* utilizado para a análise estatística dos resultados foi o Statistica V.6.0 da Statsoft.

Recorreu-se ao teste de diferença mínima significativa (LSD) de Fisher para um nível de confiança de 95%, para verificar a existência de diferenças significativas entre as médias dos valores obtidos.

No estudo 9, foi feita uma classificação hierárquica. Nesta análise, um certo número de indivíduos (amostras) são agrupados em classes de elementos semelhantes, obtendo-se uma família de classificações representando uma certa hierarquia.

## 6. Caracterização físico-química da matéria-prima

A maçã da *cultivar* reineta parda foi caracterizada para os seguintes parâmetros físico-químicos: cor, acidez, pH, teor em cinza, teor de sólidos solúveis, índice de fenóis e teor em matéria gorda total. Os métodos utilizados foram os indicados no ponto 5.4. A determinação do índice de fenóis foi realizada em 2 pontos distintos da maçã, segundo o método descrito em 5.4.8.

Os resultados da caracterização da matéria-prima encontram-se resumidos no Quadro 6-1.

Quadro 6-1– Resultados médios da caracterização físico-química de maçã reineta parda.

Parâmetro		Média	Desvio Padrão
Cor	L*	81,77	2,38
	C*	16,41	1,81
	h°	110,69	0,57
Cinza (%)		0,35	0,05
Matéria gorda total (%)		≈ 0	–
pH		3,39	0,01
TSS		15,94	0,35
Acidez (g Ac. Málico/100g)		3,7	0,07
Índice de fenóis	(junto ao epicarpo)	0,45	0,01
	(junto ao endocarpo)	0,44	0,03

Através do Quadro 6-1, verifica-se que os parâmetros L\*, C\* e h° da cor são, respectivamente 81,77, 16,41 e 110,69 o que corresponde a uma polpa de cor clara (L\*) e uma tonalidade entre o amarelo e o verde (h°).

Possui um teor reduzido em cinza e em matéria gorda total. O teor de sólidos solúveis é elevado quando comparado com outras *cultivares* de maçã. De acordo com Trillot (1993), o teor de sólidos solúveis desta *cultivar* situa-se entre 13 e 15%, pelo que o valor obtido (15,94%) é ligeiramente superior. Valores semelhantes já tinham sido reportados por Pernas (2007).

Relativamente ao índice de fenóis não se observaram diferenças entre as várias zonas da polpa da maçã, sendo os respectivos valores muito superiores (cerca do dobro) aos registados para outras cultivares de maçã (Pernas 2007). Ainda Segundo Pernas (2007) a actividade da Polifenoloxidase na maçã em estudo é igualmente muito superior à actividade desta enzima noutras cultivares de maçã.

## 7. Desenvolvimento de revestimentos comestíveis

Dada a susceptibilidade da maçã ao escurecimento, este estudo teve por objectivo desenvolver formulações de revestimentos comestíveis que constituíssem uma barreira eficaz aos gases e que, simultaneamente, não afectassem sensorialmente as maçãs minimamente processadas. Dadas as dificuldades esperadas em trabalhar com maçã reineta parda, este estudo foi efectuado com maçã *red delicious*.

### 7.1. Preparação e aplicação dos revestimentos

Foram testados revestimentos hidrocoloidais de diferentes composições (Quadro 7-1).

Quadro 7-1– Formulações dos revestimentos testados (% m/V)

Formulação	Carboximetil celulose de sódio	Alginato	Pectinas	Quitosano	Glicerol	Cera de Abelha	Tween 80
Controlo							
A1	0,8					0,2	0,2
A2	0,4					0,1	0,2
A3	0,4				0,1		0,2
A4	1,2				0,2		0,2
B1		0,8				0,2	0,2
B2		0,8				0,1	0,2
B3		0,8			0,1		0,2
B4		2			0,4		0,2
C1			0,8			0,2	0,2
C2			0,4			0,1	0,2
C3			0,8		0,2		0,2
C4			0,4		0,2		0,2
D1				0,8		0,1	0,2
D2				0,4	0,2		0,2

(A – Revestimentos à base de carboximetilcelulose, B – Revestimentos à base de alginato, C – Revestimentos à base de Pectina, D – Revestimentos à base de glicerol).



As maçãs foram seleccionadas, cortadas, descaroçadas e descascadas em quartos. Seguidamente foram descontaminadas numa solução hipoclorito a 125 ppm, centrifugadas e imersas durante 2 minutos nos diferentes revestimentos preparados.

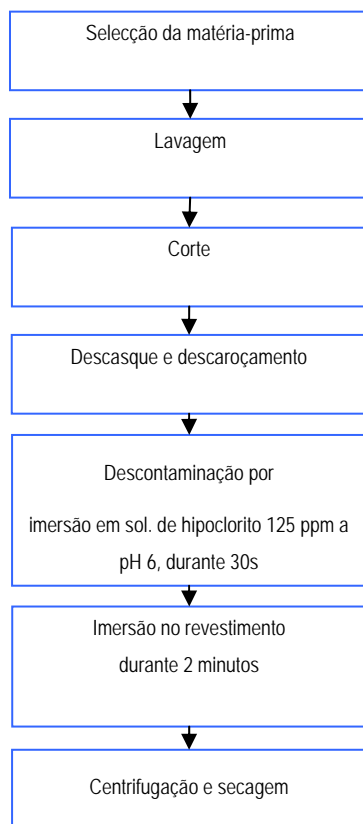


Figura 7-1 - Processamento mínimo.

#### 7.1.1. *Revestimentos à base de Carboximetilcelulose, Alginato e Pectina*

Adicionou-se o hidrocoloide à água destilada a 60 °C em agitação. Depois de homogeneizada a solução, arrefeceu-se a 45 °C e adicionou-se a cera de abelha ou o glicerol (de acordo com o Quadro 7-1). Diminuiu-se a agitação e adicionou-se o Tween 80 (emulsionante). Perfez-se o volume com água até os 200 ml e colocou-se num banho de água fria a arrefecer até aos 30 °C.

Nos revestimentos à base de Alginato e de Pectina, os polímeros foram previamente dissolvidos numa pequena quantidade de álcool. No revestimento à base de pectina adicionou-se ainda um sal de cálcio, na concentração de 30 mg Ca<sup>2+</sup> por grama de pectina.

### 7.1.2. Revestimento à base de Quitosano

O revestimento de quitosano foi efectuado de acordo com o método descrito em Han *et al* (2004). Dissolveu-se 0,8% de quitosano em água destilada aquecida a 60 °C contendo 1% de ácido acético. Seguidamente adicionou-se 50% de glicerol (em relação ao peso de quitosano adicionado) e Tween 80. Homogeneizou-se a solução no *polytron* durante 1 minuto. Procedeu-se ao arrefecimento do revestimento até 30°C num banho de água fria. Foi também testado um revestimento à base de quitosano ao qual foi adicionada cera de abelha em vez de glicerol.

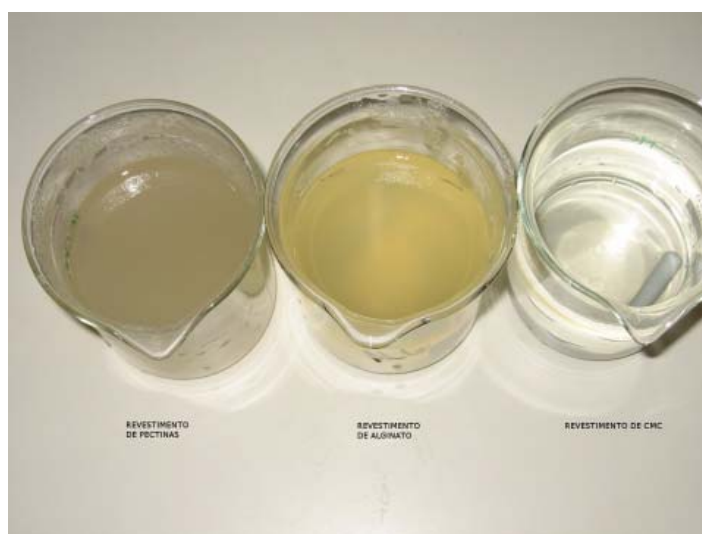


Figura 7-2 – Revestimentos à base de pectina de baixo metóxilo, Alginato e Carboximetilcelulose.

## 7.2. Controlo Analítico

Com o objectivo de avaliar a implicação sensorial dos revestimentos nas maçãs minimamente processadas, foi efectuada uma avaliação visual e gustativa simples, imediatamente após a aplicação dos mesmos. Foram seleccionados os revestimentos mais adequados em termos sensoriais.

Determinou-se a taxa respiratória das maçãs submetidas aos diferentes revestimentos (no caso dos revestimentos que não provocaram alteração sensorial dos frutos), no sentido de verificar em

que medida interferem na actividade metabólica do fruto. De referir contudo que esta determinação foi feita uma única vez, pelo que os valores obtidos são meramente indicativos.

A taxa respiratória foi medida segundo o método descrito em 5.4.9. As amostras foram colocadas em recipientes fechados, de volume conhecido (Figura 7-2) e mediu-se a atmosfera no seu interior em intervalos de tempo regulares (30 minutos) durante aproximadamente 5 horas, a uma temperatura de 20°C.

### 7.3. Apresentação e discussão dos resultados

O quadro seguinte (Quadro 7-2) resume os resultados obtidos na avaliação visual e gustativa das amostras.

Quadro 7-2 - Resultados sensoriais das formulações testadas

Formulação	Resultado da avaliação sensorial	Observações	Prosseguir para medição da taxa respiratória?
A1	☹	Ligeiro sabor estranho. Dificuldade na dissolução da cera de abelha.	Não
A2	☹	Sem sabor nem odor estranho. Dificuldade na dissolução da cera de abelha.	Não
A3	☺	Sem sabor nem odor estranho. Revestimento homogéneo.	Sim
A4	☺	Sem sabor nem odor estranho. Revestimento homogéneo.	Sim
B1	☹	Sem sabor nem odor estranho. Dificuldade na dissolução da cera de abelha.	Não
B2	☹	Sem sabor nem odor estranho. Dificuldade na dissolução da cera de abelha.	Não
B3	☺	Sem sabor nem odor estranho. Revestimento homogéneo.	Sim
B4	☺	Sem sabor nem odor estranho. Revestimento homogéneo.	Sim
C1	☹	Sabor estranho e muito viscoso. Dificuldade na dissolução da cera de abelha.	Não
C2	☹	Menos viscoso que C1 e C3. Dificuldade na dissolução da cera de abelha.	Não
C3	☺	Não deixa sabor nem odor estranho. Revestimento homogéneo. Revestimento de viscosidade muito elevada	Sim
C4	☺	Não deixa sabor nem odor estranho. Revestimento homogéneo. Revestimento com menor viscosidade do que C1 e C3.	Sim
D1	☹	Sabor e odor estranho muito intenso.	Não
D2	☹	Sabor e odor estranho muito intenso	Não

Através do Quadro 7-2 podemos concluir que a cera de abelha constitui uma dificuldade à preparação dos revestimentos devido à sua difícil dissolução a temperaturas mais baixas. Por este motivo foram excluídos todos os revestimentos que continham cera de abelha na sua formulação.

Em relação aos revestimentos cujo hidrocolóide utilizado foi o quitosano, verificou-se também que estes conferiam um sabor e odor estranho às maçãs minimamente processadas. Assim, estes revestimentos também não foram considerados nos ensaios subsequentes.

Através da Figura 7-3 verifica-se que os revestimentos que parecem constituir uma barreira mais eficaz aos gases foram os revestimentos B3 e C3. Nestas amostras observou-se um decréscimo da taxa de produção de CO<sub>2</sub> em relação à amostra controlo.

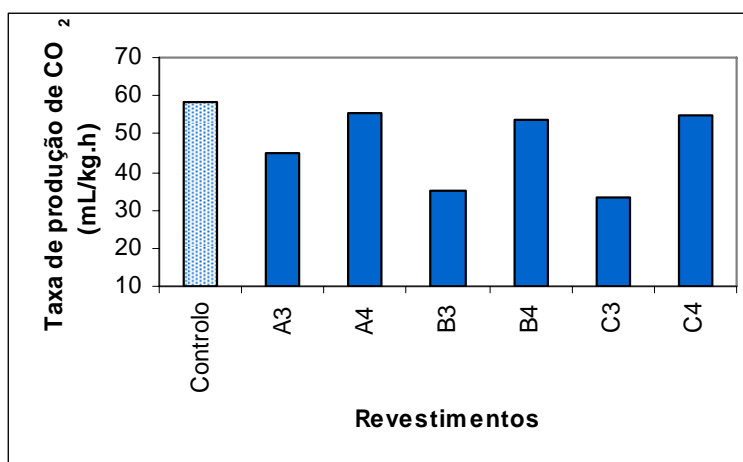


Figura 7-3 - Taxa de produção de CO<sub>2</sub> das amostras com revestimento de carboximetilcelulose (A3 e A4), alginato (B3 e B4), Pectina (C3 e C4) e Controlo.

## 8. Estudo do impacto de revestimentos comestíveis como veículo de incorporação de ácido ascórbico e ácido cítrico como agentes antioxidantes

Com base nos resultados obtidos no estudo anterior, foram testados os revestimentos seleccionados à base de alginato (B) e de pectina (C) com a adição de antioxidantes. A composição dos vários revestimentos testados encontra-se resumida no Quadro 8-1.

A preparação dos revestimentos foi efectuada de forma semelhante ao estudo anterior. A adição de antioxidantes aos revestimentos comestíveis foi efectuada a 20°C sob agitação. Foram utilizadas maçãs minimamente processadas às quais não foi aplicado nenhum revestimento e que serviram de controlo.

Quadro 8-1 - Formulações dos revestimentos testados (% m/V).

Formulação	Alginato	Pectina	Glicerol	Tween 80	Ácido Ascórbico	Ácido Cítrico
Controlo						
B5	2		0,4	0,2	0,75	0,75
B6	2		0,8	0,2	0,75	0,75
C5		0,4	0,4	0,2	0,75	0,75
C6		0,4	0,8	0,2	0,75	0,75

O esquema de processamento foi o descrito na Figura 7-1. Neste estudo foram utilizadas maçãs reineta parda. As maçãs foram seleccionadas, lavadas com água corrente, cortadas em quartos, descascadas e descaroçadas. Seguidamente foram descontaminadas numa solução hipoclorito a 125 ppm, centrifugadas e imersas durante 2 minutos nos diferentes revestimentos preparados.

Dado que neste estudo se registou a utilização de revestimentos comestíveis como veículo de agentes antioxidantes, o controlo analítico foi efectuada após algumas horas de exposição ao ar.

Assim, a cor, observada e medida através do colorímetro, foi avaliada 6 horas após processamento. Simultaneamente foi medida a cor da matéria-prima (MP – maçã cortada e cuja cor da polpa foi medida de imediato).

A perda de massa foi avaliada ao fim de 4 horas. O impacto dos revestimentos na taxa respiratória foi igualmente avaliado.

### 8.1. Apresentação e discussão dos resultados

O Quadro 8-2 resume os resultados obtidos na avaliação visual e gustativa das diferentes amostras:

Quadro 8-2 - Resultados sensoriais das formulações testadas (6h após o processamento mínimo).

Formulação	Resultado da avaliação sensorial	Observações
Controlo	☹	Maçã muito escurecida.
B5	☹	Parcialmente escurecida. Sabor estranho e odor normal
B6	☹	Maçã escurecida mas não tanto como o controlo. Sem sabor nem odor estranho.
C5	☺	Pouco escurecida. Sem sabor nem odor estranho.
C6	☺	Pouco escurecida. Sem sabor nem odor estranho.

Controlo

B6

C6

B5

C5



Figura 8-1 – Mações minimamente processadas com os diferentes revestimentos testados.

Em termos sensoriais as amostras com revestimentos à base de pectina obtiveram melhores resultados (C5 e C6). De salientar que a aplicação dos revestimentos à base alginato foi dificultada pela elevada viscosidade destes quando aplicados à temperatura ambiente.

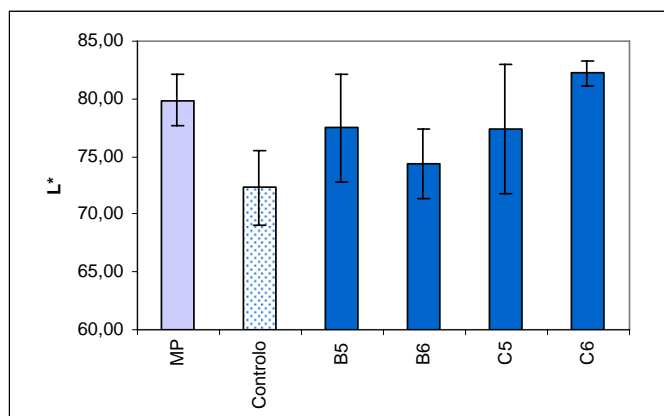


Figura 8-2 – Determinação da luminosidade ( $L^*$ ), após 6h de exposição ao ar, a 20°C.

(B5 e B6 – amostras com revestimentos à base de alginato; C5 e C6 – amostras com revestimentos à base de pectina).

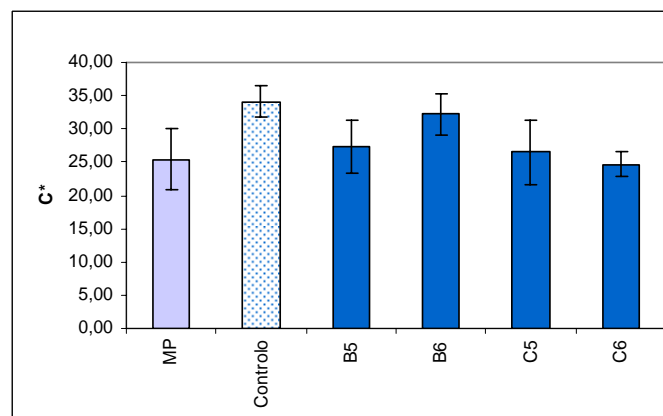


Figura 8-3 – Determinação da cromaticidade ( $C^*$ ), após 6h de exposição ao ar, a 20°C.

(B5 e B6 – amostras com revestimentos à base de alginato; C5 e C6 – amostras com revestimentos à base de pectina).

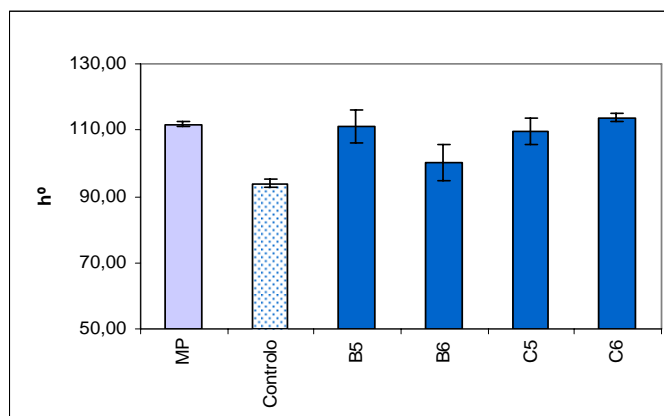


Figura 8-4 – Determinação da tonalidade ( $h^\circ$ ), após 6h de exposição ao ar, a 20°C.

(B5 e B6 – amostras com revestimentos à base de alginato; C5 e C6 – amostras com revestimentos à base de pectina).

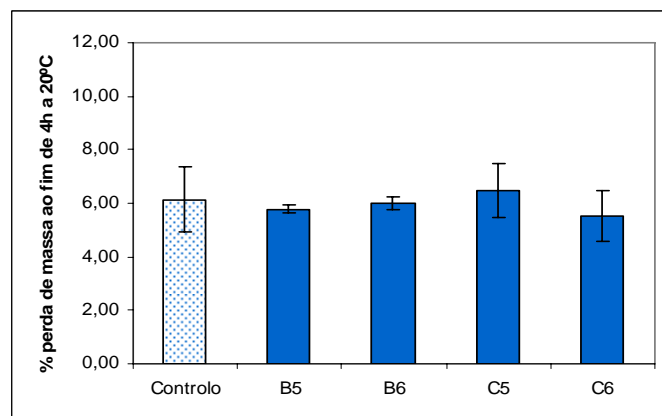


Figura 8-5 – Determinação da perda de massa após 4h de exposição ao ar, a 20°C.

(B5 e B6 – amostras com revestimentos à base de alginato; C5 e C6 – amostras com revestimentos à base de pectina).

Pela análise das figuras anteriores (Figura 8-2 a Figura 8-5), verifica-se que, em relação aos parâmetros  $L^*$  e  $C^*$  da cor (luminosidade e cromaticidade), a amostra controlo, contrariamente a todas as amostras revestidas é, após 6h de exposição ao ar a 20°C, significativamente diferente da matéria-prima (Anexo 2).

Relativamente ao parâmetro  $h^\circ$  da cor (tonalidade) (Figura 8-4), não se verificaram diferenças significativas (para um nível de confiança de 95%) entre a matéria-prima (maçã acabada de cortar) e os revestimentos B5, C5 e C6. Estas amostras apresentam uma tonalidade da polpa semelhante à da matéria-prima. A amostra controlo, após 6h de exposição ao ar é significativamente diferente da matéria-prima para o parâmetro  $h^\circ$  da cor.

Em relação à de perda de massa (Figura 8-5), verifica-se que, ao fim de 4 horas de exposição ao ar, as amostras não sofreram uma perda de massa significativa, o que atesta o reduzido período de tempo decorrido entre o processamento e a análise.

Relativamente à taxa respiratória (Figura 8-6), o único revestimento que conduziu a uma diminuição foi o revestimento C6 (à base de pectina). Os resultados, aparentemente contraditórios, deveriam ser confirmados. À partida tudo indica que todos estes materiais deveriam conduzir a uma menor taxa de trocas gasosas e, por conseguinte, a uma diminuição da taxa respiratória. No entanto, no



caso da maçã reineta, que apresenta uma polpa de elevada porosidade e baixa densidade, o comportamento face à aplicação do revestimento nem sempre é o desejado.

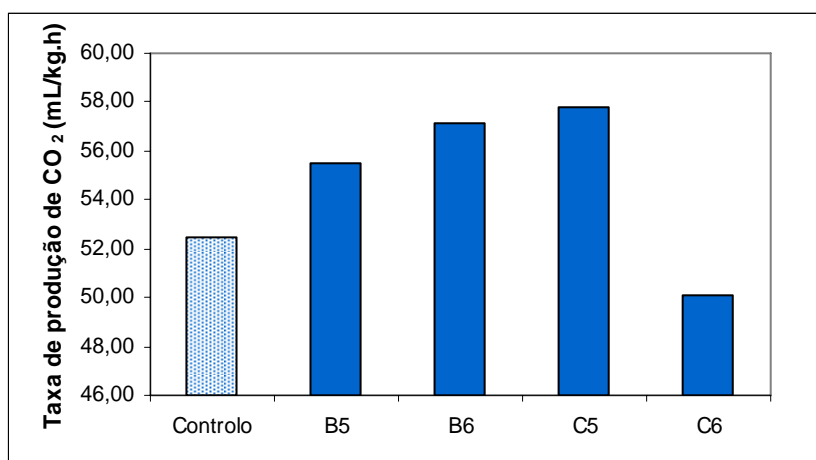


Figura 8-6 - Taxa de produção de CO<sub>2</sub> das amostras com revestimento de Alginato (B5 e B6), Pectina (C5 e C6) e Controlo.

Assim, face ao exposto, o revestimento que aparentemente apresentou melhores resultados foi o revestimento C6, à base de pectina de baixo metóxilo e com incorporação de ácido ascórbico e ácido cítrico.

## 9. Estudo do impacto de ácido ascórbico e ácido cítrico como agentes antioxidantes incorporados em revestimentos *versus* em solução aquosa

Dado que os revestimentos à base de pectina foram que obtiveram melhores resultados nos estudos anteriores, foram seleccionados estes revestimentos para a realização deste estudo. Assim, foi testada a acção combinada de revestimentos com antioxidantes na sua composição (C6 e C7), e a acção singular da imersão dos frutos em solução de antioxidantes (TQ1).

Simultaneamente foram utilizadas amostras de maçã minimamente processada às quais não se efectuou nenhum tratamento e que serviram de controlo.

O Quadro 9-1 resume o delineamento do estudo efectuado. O impacto dos diferentes tratamentos foi avaliado durante um período de 2 dias de armazenamento em câmara a 4°C.

Foram avaliados os principais parâmetros de qualidade, como sejam a cor e a textura (expressa em força máxima de compressão e em trabalho de compressão) e foi feita uma análise sensorial, recorrendo a um painel de 10 provadores segundo o método descrito em 5.4.10 (ver ficha de prova no Anexo 3).

Quadro 9-1 - Formulações testadas (% m/V).

Formulação	Pectinas	Glicerol	Tween 80	Ácido Ascórbico	Ácido Cítrico
Controlo					
C6	0,4	0,8	0,2	0,75	0,75
C7	0,6	0,8	0,2	0,75	0,75
TQ1				0,75	0,75

O processamento mínimo decorreu de acordo com o apresentado na Figura 9-1.

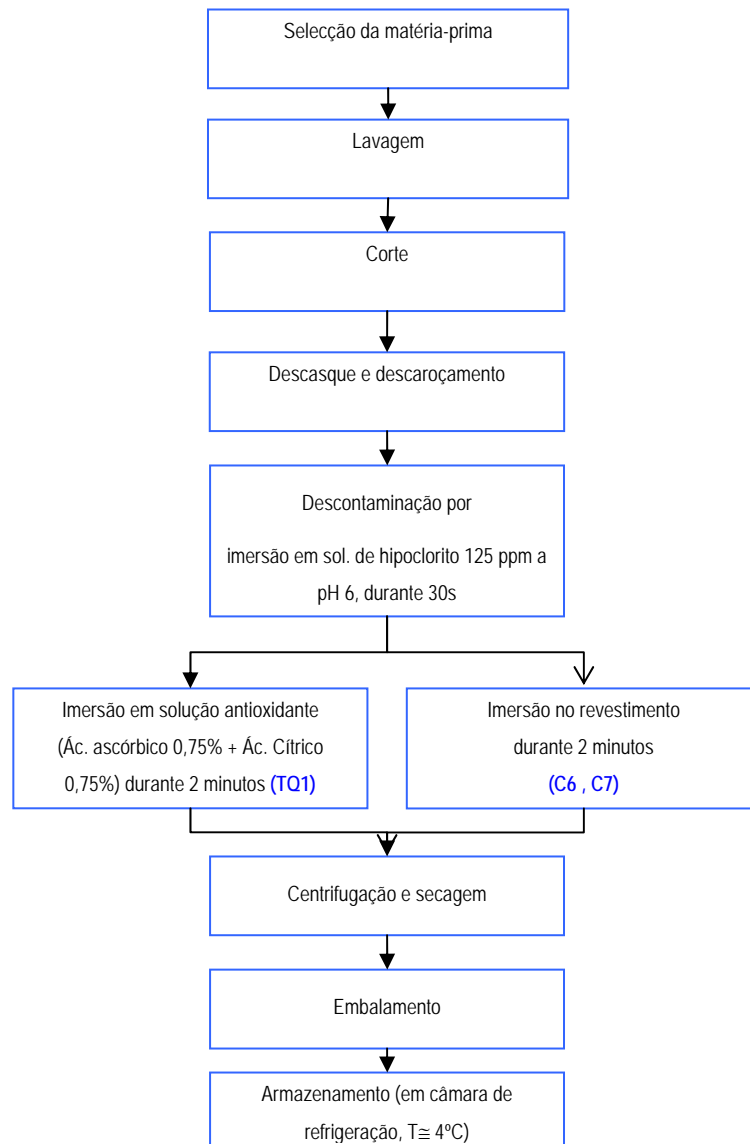


Figura 9-1 - Processamento mínimo.

Foi feito um acompanhamento da textura e da cor das amostras no dia do processamento mínimo (dia 0) (imediatamente após processamento mínimo e passados 30 minutos) e ao fim de dois dias de armazenamento. À semelhança do estudo anterior, foi também medida a cor da matéria-prima (MP – maçã cortada e cuja cor da polpa foi medida de imediato). No dia 1 foi feita uma avaliação sensorial recorrendo a um painel de 10 provadores.

### 9.1. Apresentação e discussão dos resultados

Os resultados da avaliação CIEL\*a\*b\* da cor ao longo do ensaio estão indicados nas figuras seguintes (Figura 9-2 a Figura 9-4). A análise de variâncias dos resultados apresenta-se no anexo 4.

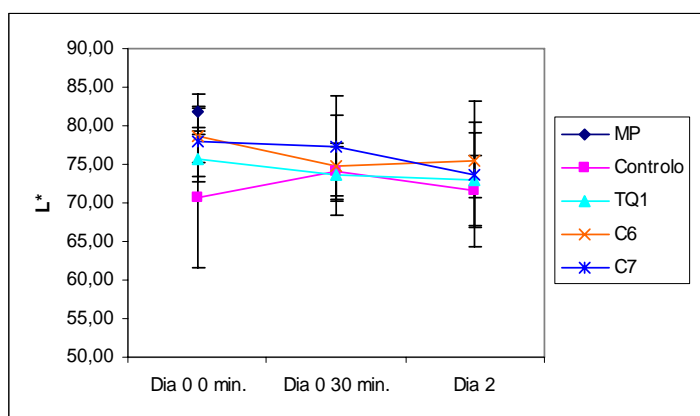


Figura 9-2- Variação da luminosidade (L\*), ao longo do tempo de armazenamento.

(MP – matéria-prima, TQ1 – amostra submetida a tratamento químico, C6 e C7 – amostras com revestimentos à base de pectina).

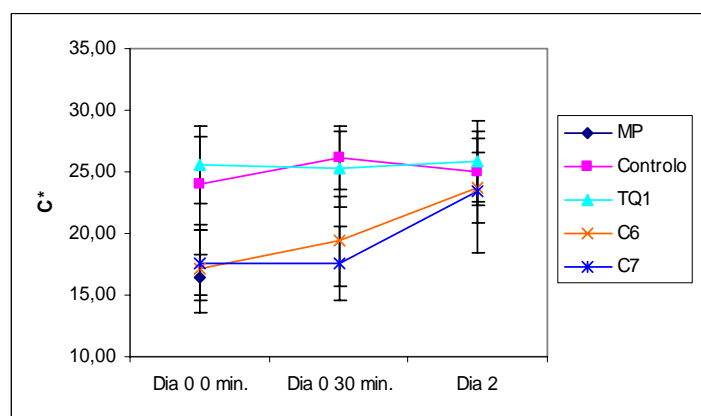


Figura 9-3 – Variação da cromaticidade (C\*) ao longo do tempo de armazenamento.

(MP – matéria-prima, TQ1 – amostra submetida a tratamento químico, C6 e C7 – amostras com revestimentos à base de pectina).

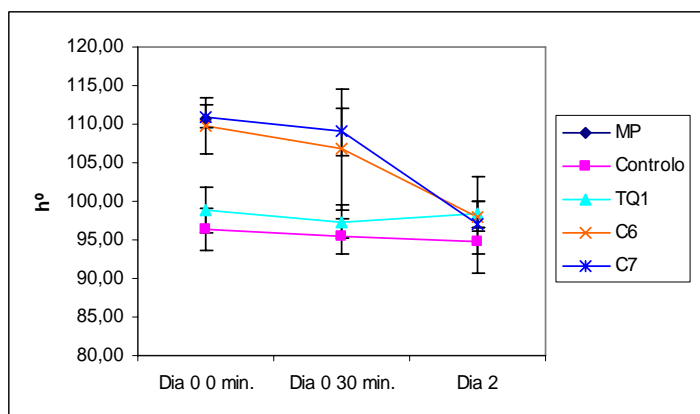


Figura 9-4 – Variação da tonalidade (h°), ao longo do tempo de armazenamento.

(MP – matéria-prima, TQ1 – amostra submetida a tratamento químico, C6 e C7 – amostras com revestimentos à base de pectina).

Através da análise das figuras anteriores e da respectiva análise de variâncias (Anexo 4), verifica-se que as amostras submetidas apenas à solução antioxidante (TQ1) e a amostra controlo apresentam valores significativamente diferentes logo no dia 0, com valores de  $L^*$  muito inferiores, o que indica que se apresentam mais escurecidas. Situação semelhante para os parâmetros cromaticidade e tonalidade.

As maçãs às quais foram aplicados os revestimentos comestíveis com antioxidantes, mantiveram-se semelhantes à matéria-prima no dia 0, imediatamente após o processamento mínimo e, no caso da amostra C7, 30 minutos depois.

O efeito dos tratamentos na textura das maçãs foi outro parâmetro analisado. Foi utilizado o teste descrito no ponto 5.4.2. Os resultados estão resumidos nas figuras Figura 9-5 e Figura 9-6:

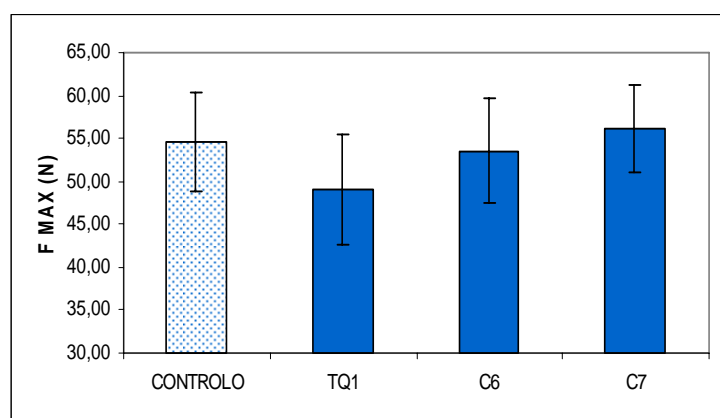


Figura 9-5 – Força máxima de compressão.

(TQ1 – amostra submetida a tratamento químico, C6 e C7 – amostras com revestimentos à base de pectina).

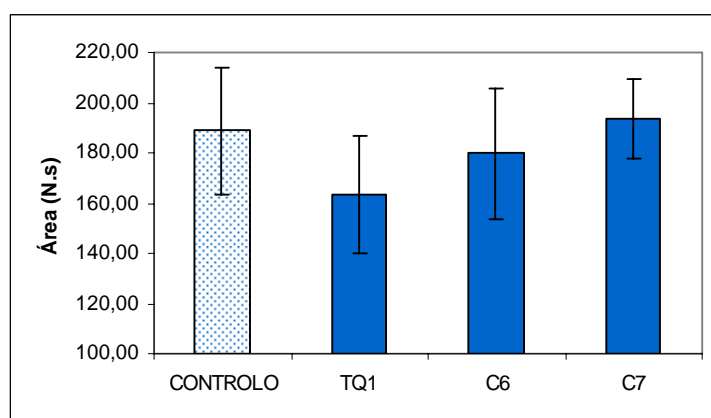


Figura 9-6 – Trabalho de compressão.

(TQ1 – amostra submetida a tratamento químico, C6 e C7 – amostras com revestimentos à base de pectina).

Relativamente ao teste de textura, realizado no dia 0, verificou-se que a amostra submetida ao tratamento químico (TQ1) apresenta valores de força máxima e trabalho, significativamente menores do que as restantes amostras. Verificou-se assim um amolecimento da amostra submetida à solução antioxidante.

Este resultado analítico é concordante com os resultados obtidos na análise sensorial, em que TQ1 foi a amostra que obteve valores de textura com uma pontuação média de apenas 3,6 (Figura 9-7).

A análise da Figura 9-7 permite concluir, mais uma vez, ser a cor a característica que mais varia na maçã reineta minimamente processada. Observa-se que as maçãs submetidas aos revestimentos apresentaram melhor classificação no atributo cor do que as amostras controlo e as submetidas ao tratamento químico por imersão numa solução de ácido ascórbico + ácido cítrico (TQ1).

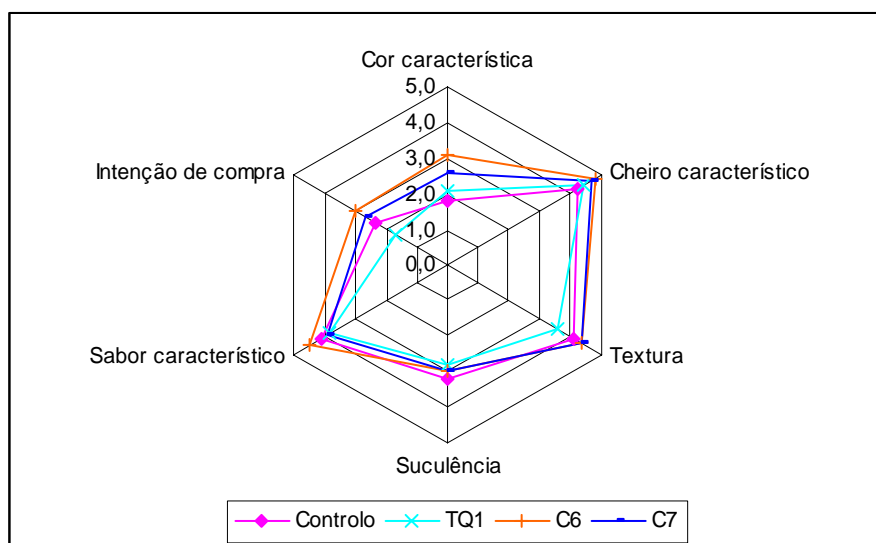


Figura 9-7 – Avaliação sensorial das amostras testadas (dia 1).

(TQ1 – amostra submetidas a tratamento químico, C6 e C7 – amostras com revestimentos à base de pectina).

Os atributos cheiro e sabor característicos e suculência obtiveram pontuações muito semelhantes. Em termos de intenção de compra, todas as amostras ficaram um pouco aquém do esperado. Apenas a amostra C6 atingiu uma pontuação de 3 na escala de 0 a 5.

Esta situação é aliás percebida através das fotos tiradas no dia 0, 30 minutos após o processamento mínimo (Figura 9-8).



Figura 9-8 – Fotos das amostras após processamento mínimo (Dia 0, 30 minutos após o processamento mínimo).

(TQ1 – amostra submetida a tratamento químico, C6 e C7 – amostras com revestimentos à base de pectina).

Através da Figura 9-9 pode-se constatar a formação de dois subgrupos a uma distância euclidiana de cerca de 16. Um subgrupo respeitante à amostra sujeita ao tratamento químico e amostra controlo e um grupo respeitante às amostras às quais foram aplicados revestimentos e à matéria-prima.

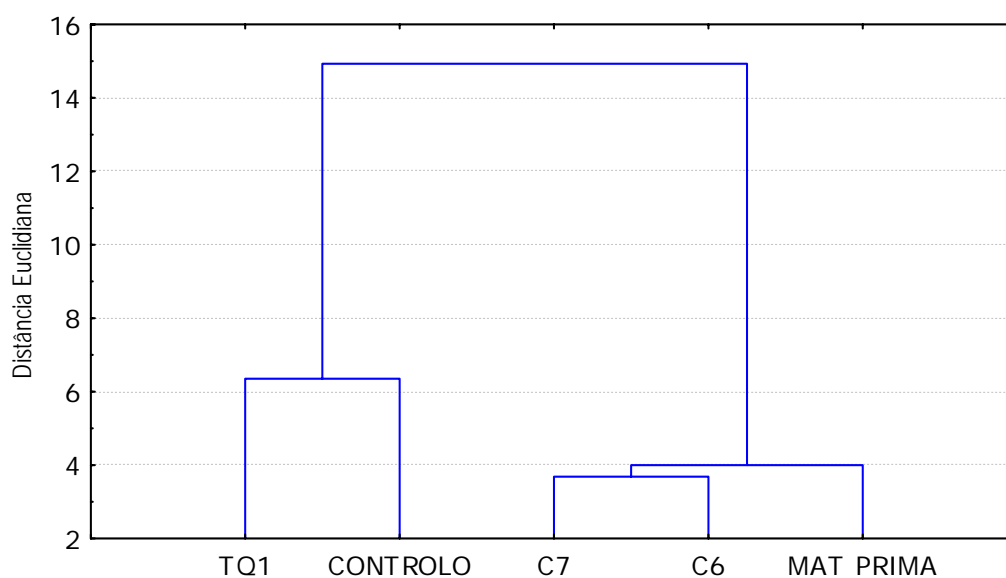


Figura 9-9 – Análise discriminante dos resultados.

(TQ1 – amostra submetida a tratamento químico, C6 e C7 – amostras com revestimentos à base de pectina).

A uma distância euclidiana de 4 verifica-se a separação entre a matéria-prima e as amostras com a aplicação de revestimentos comestíveis.

Assim, face ao exposto nestes resultados, verifica-se que o tratamento que melhor manteve as características das maçãs reinetas minimamente processadas foi a aplicação de revestimentos comestíveis com a incorporação de antioxidantes.

Contudo, ao fim de 2 dias de armazenamento, todas as amostras se encontravam semelhantes em termos de cor o que fez com que o ensaio fosse interrompido e não se considere ainda adequada nenhuma das formulações testadas, sendo necessário testar alternativas de conservação de maçã minimamente processada, por aplicação de revestimentos com outros agentes antioxidantes ou outros métodos alternativos, ainda não testados.



## 10. Estudo do impacto de tratamentos físicos vs tratamentos químicos

Neste estudo pretendeu-se testar métodos alternativos à adição de revestimentos comestíveis.

Sendo a cor o atributo que mais influencia a qualidade da maçã reineta minimamente processada, foi avaliado o efeito da aplicação de tratamentos físicos (pré-tratamentos térmicos moderados e choque-térmico) em maçã reineta minimamente processada, na manutenção daquele atributo.

Foram testados 2 tratamentos físicos: choque-térmico no qual as maçãs foram imersas num banho com água a 90°C durante 10s (TF1) e um tratamento térmico moderado (TF2), cujo binómio tempo-temperatura já tinha sido referido por Barrancos (2002) como eficaz a evitar o escurecimento de maçã *Golden Delicious* minimamente processada. Foi também testado um tratamento físico conjugado com um tratamento químico (TFQ1) e três tratamentos químicos (TQ2, TQ3 e TQ4). Para além dos antioxidantes avaliados nos estudos anteriores, testou-se o efeito de ácido cítrico e L-cisteína (TQ4). Simultaneamente foram utilizadas amostras de maçã minimamente processada às quais não se efectuou nenhum tratamento e que serviram de controlo.

Os tratamentos testados encontram-se resumidos no Quadro 10-1.

Quadro 10-1 – Tratamentos testados.

Amostras	Tratamento físico		Tratamento químico			
	Temperatura (°C)	Tempo (s)	Cloreto de Cálcio % (m/V)	Ácido Ascórbico % (m/V)	Ácido Cítrico % (m/V)	L-cisteína % (m/V)
Controlo						
TF1	90	10				
TF2	40	2400				
TFQ1	90	10	0,5	1	1	
TQ2			0,5	1	1	
TQ3			0,5	2,5	2,5	
TQ4					2	0,5

A figura seguinte (Figura 10-1) descreve as várias etapas do processamento mínimo das amostras testadas:

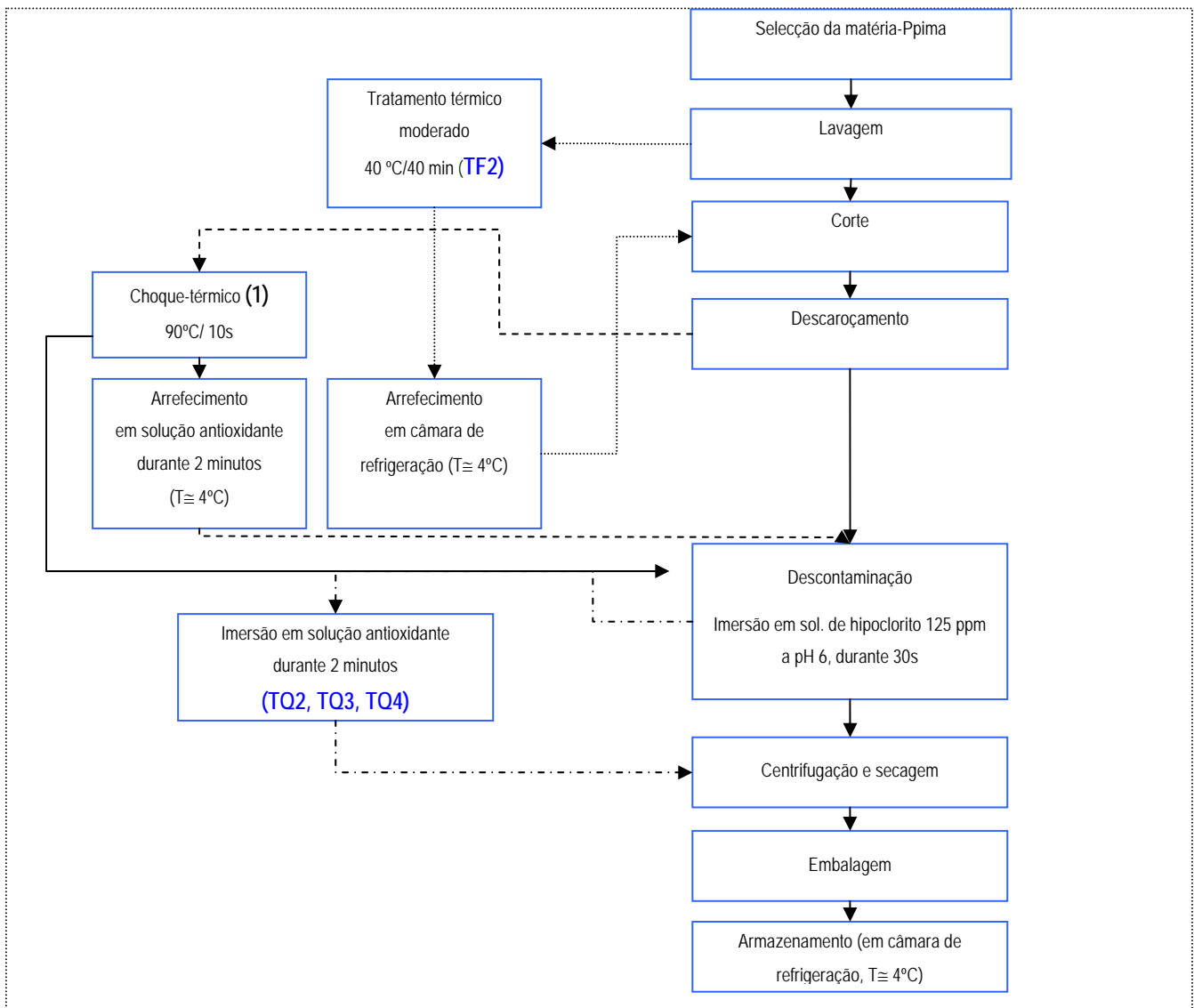


Figura 10-1 – Processamento mínimo.

(1) – Choque térmico: No Tratamento físico TF1, os oitavos de maçã foram colocados num banho de água a 90°C durante 10 segundos. No tratamento misto, TFQ1, os oitavos de maçã foram colocados numa solução de cloreto de cálcio 0,5% a 90°C durante 10 segundos e seguidamente arrefecidas numa solução antioxidante de ácido cítrico 1% e ácido ascórbico 1%.

Com o objectivo de diminuir a superfície de exposição ao ar, as maçãs não foram descascadas mas apenas cortadas em oitavos e descaroçadas.

No tratamento físico por choque-térmico, as maçãs foram previamente cortadas, descaroçadas e colocadas num banho de água a 90°C durante 10 segundos (amostras TF1).

As maçãs submetidas ao tratamento térmico moderado (amostras TF2), foram colocadas num banho com água a 40°C durante 40 minutos (com contagem do tempo após o interior da maçã atingir os 40°C) e processadas passadas 24 horas.

Os tratamentos químicos (TQ2, TQ3 e TQ4) decorreram de forma semelhante à descrita no estudo 9. Depois de cortadas, descaroçadas e descontaminadas numa solução de hipoclorito a 125 ppm, as maçãs foram imersas numa solução antioxidante durante 2 minutos, de acordo com o esquema da Figura 10-1.

Todas as amostras foram embaladas e armazenadas em câmara de refrigeração a 4°C ao longo de 4 dias.

Foi efectuada uma avaliação diária da cor durante o período de armazenamento. No dia do processamento mínimo (dia zero) foi efectuado um acompanhamento da cor durante 2 horas, de 30 em 30 minutos. A textura foi avaliada apenas nas amostras submetidas aos tratamentos térmicos dado que nas restantes amostras não ocorreram diferenças significativas ao longo do tempo de análise.

### **10.1. Apresentação e discussão dos resultados**

Nas figuras seguintes (Figura 10-2 a Figura 10-4) observa-se a evolução da cor longo de 120 minutos de exposição ao ar (após processamento mínimo) das várias amostras testadas, expressa nas coordenadas  $L^*C^*h^{\circ}$  da cor. Os resultados obtidos foram comparados com os da matéria-prima (cor da polpa medida imediatamente após corte da maçã). Os resultados da análise de variâncias estão resumidos no Anexo 5.

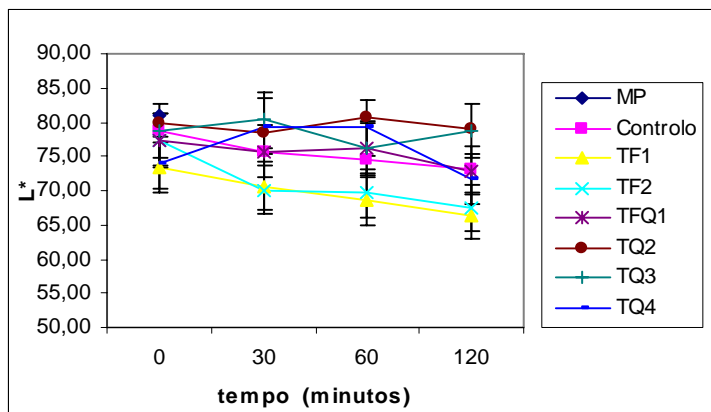


Figura 10-2 – Variação do parâmetro L\* da cor (luminosidade) no dia zero, durante 120 minutos.

(MP – matéria-prima, TF1 – tratamento físico por choque térmico, TF2 – tratamento físico por pré-tratamento térmico, TFQ1 - tratamento misto, TQ2, TQ3 e TQ4 - tratamentos químicos).

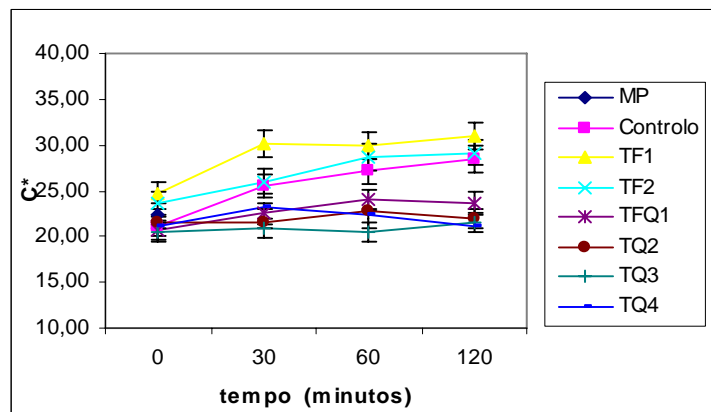


Figura 10-3 – Variação do parâmetro C\* da cor (cromaticidade) no dia zero, durante 120 minutos.

(MP – matéria-prima, TF1 – tratamento físico por choque térmico, TF2 – tratamento físico por pré-tratamento térmico, TFQ1 - tratamento misto, TQ2, TQ3 e TQ4 - tratamentos químicos).

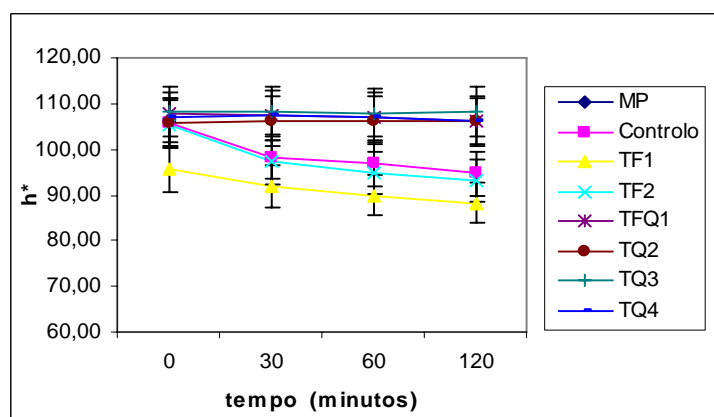


Figura 10-4 – Variação do parâmetro h° da cor (tonalidade) no dia zero, durante 120 minutos.

(MP – matéria-prima, TF1 – tratamento físico por choque térmico, TF2 – tratamento físico por pré-tratamento térmico, TFQ1 - tratamento misto, TQ2, TQ3 e TQ4 - tratamentos químicos).

Relativamente ao dia em que ocorreu o processamento mínimo (dia zero), verifica-se que o impacto dos tratamentos físicos testados foi menos positivo do que no caso dos tratamentos químicos. Ao fim de 30 minutos de exposição ao ar, as amostras submetidas a tratamentos físicos são significativamente diferentes da matéria-prima (MP) apresentando-se mais escurecidas (valores de L\* mais baixos) e com tonalidade diferente. Os resultados da variação da cor ao longo dos 4 dias de armazenamento a 4°C apresentam-se na Figura 10-5 a Figura 10-7:

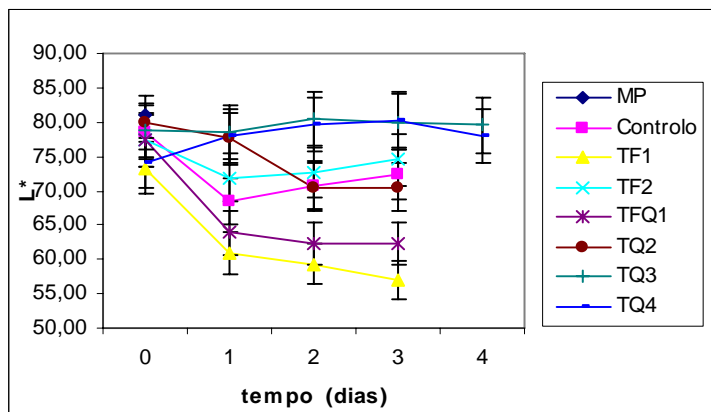


Figura 10-5 – Variação do parâmetro  $L^*$  da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).

(MP – matéria-prima, TF1 – tratamento físico por choque térmico, TF2 – tratamento físico por pré-tratamento térmico, TFQ1 - tratamento misto, TQ2, TQ3 e TQ4 - tratamentos químicos).

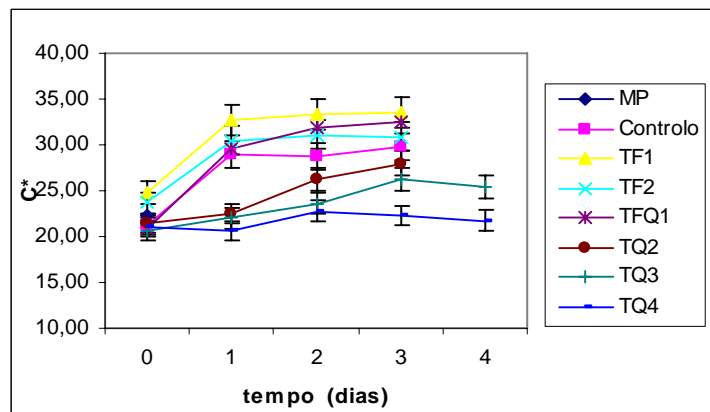


Figura 10-6 – Variação do parâmetro  $C^*$  da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).

(MP – matéria-prima, TF1 – tratamento físico por choque térmico, TF2 – tratamento físico por pré-tratamento térmico, TFQ1 - tratamento misto, TQ2, TQ3 e TQ4 - tratamentos químicos).

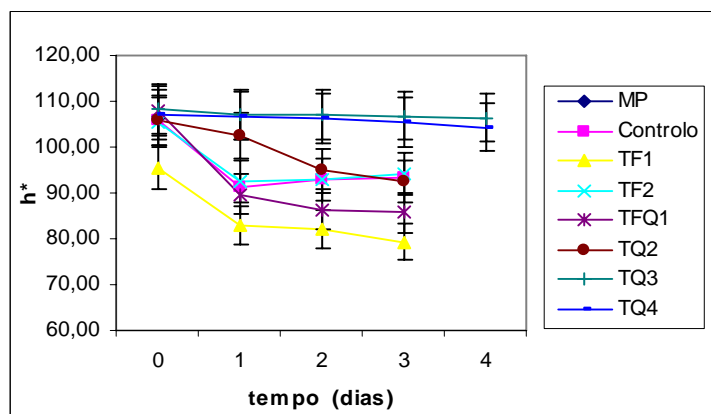


Figura 10-7 – Variação do parâmetro  $h^\circ$  da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).

(MP – matéria-prima, TF1 – tratamento físico por choque térmico, TF2 – tratamento físico por pré-tratamento térmico, TFQ1 - tratamento misto, TQ2, TQ3 e TQ4 -tratamentos químicos).

Pela análise de variâncias (Anexo 5) verifica-se que ao fim de 4 dias de armazenamento, a única amostra em que não há diferenças significativas relativamente à matéria-prima para todos os parâmetros da cor ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ ) é a amostra TQ4, que corresponde ao tratamento químico no qual as maçãs foram imersas durante 2 minutos numa solução antioxidante de L-cisteína e ácido cítrico.

Figura 10-5 a Figura 10-7:

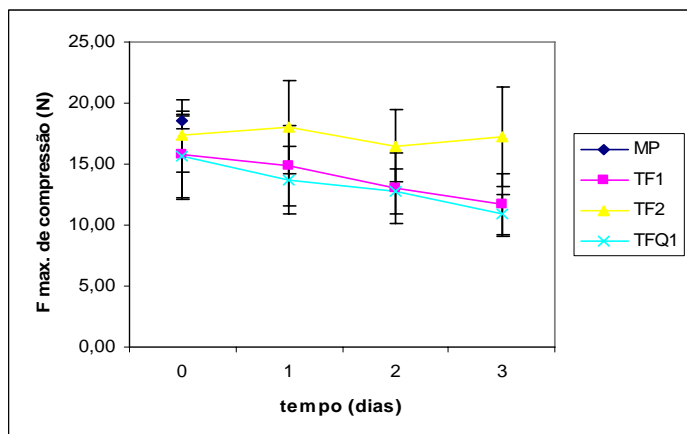


Figura 10-8 – Evolução da força máxima de compressão ao longo do tempo.

(MP – matéria-prima, TF1 – tratamento físico por choque térmico, TF2 – tratamento físico por pré-tratamento térmico, TFQ1 - tratamento misto).

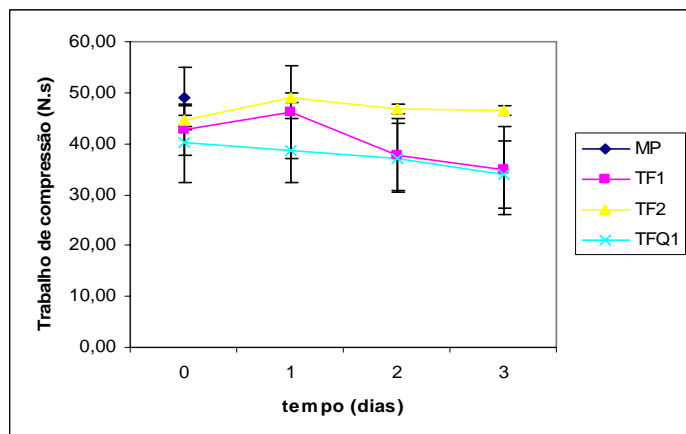


Figura 10-9 – Evolução do trabalho de compressão ao longo do tempo.

(MP – matéria-prima, TF1 – tratamento físico por choque térmico, TF2 – tratamento físico por pré-tratamento térmico, TFQ1 - tratamento misto).

Relativamente à textura, através da Figura 10-8 e da Figura 10-9 verifica-se que os tratamentos TF1 e TFQ1 afectaram negativamente a textura da maçã reineta. A força máxima de compressão e o trabalho de compressão são significativamente inferiores aos da matéria-prima (Anexo 5). Os tratamentos foram muito severos afectando a textura da maçã.

A amostra submetida ao tratamento térmico moderado (TF2) conseguiu manter os valores de força máxima de compressão e trabalho de compressão semelhantes aos da matéria-prima.

Para este parâmetro, ao fim de 3 dias de armazenamento não se observaram diferenças significativas entre a amostra TF2 e a matéria-prima (Anexo 5). Contudo ao fim de 4 dias as amostras encontravam-se todas muito amolecidas o que impediu a preparação das mesmas para a determinação da textura.

## 11. Minimização do escurecimento no pós-corte e estudo do efeito da aplicação de radiação U.V.c na cor

Pretendeu-se adicionar ao revestimento cujo agente hidrocoloidal tinha sido seleccionado no estudo 9 (à base de pectina de baixo metóxilo) o agente antioxidante seleccionado no estudo 10 (L-cisteína e ácido cítrico) e verificar o seu efeito na preservação da cor de maçã reineta minimamente processada.

Dado que nos estudos anteriores se verificou que a operação de corte contribui de forma significativa para o escurecimento da maçã reineta (ainda durante o processamento mínimo) e, no sentido de minimizar este efeito, foi incluída uma operação na qual as maçãs, depois de cortadas são colocadas imediatamente numa água de contenção (água a 4°C com 0,5% Ac. Ascórbico + 0,5% Ac. Cítrico) até prosseguirem com as restantes operações do processamento mínimo.

Ainda neste estudo, e atendendo ao facto de muitos autores mencionarem a necessidade de ser alterada a tecnologia de descontaminação actualmente empregue (utilização de água clorada), realizou-se, simultaneamente, um ensaio preliminar no qual foi testado o efeito de radiação U.V. na cor. Os tratamentos testados encontram-se resumidos no Quadro 11-1 e o processamento mínimo decorreu como descrito na Figura 11-1

Quadro 11-1 – Tratamentos testados.

Amostras	Tratamentos físicos	Tratamentos químicos				
	U.V (kJ/m <sup>2</sup> )	Pectinas %(m/V)	Glicerol %(m/V)	Tween 80 %(m/V)	L- Cisteína %(m/V)	Ácido Cítrico %(m/V)
Controlo						
TF3	5,39					
TF4	8,09					
TQ4					0,5	2
C8		0,6	0,8	0,2	0,5	2

TF3 e TF4 – amostras submetidas a radiação U.V.c; TQ4 – amostra submetida a uma solução antioxidante de L-cisteína e ácido cítrico; C8 – amostra submetida a revestimento à base de pectina e solução antioxidante de L-cisteína e ácido cítrico.

Depois de cortadas e descaroçadas, as maçãs foram colocadas numa água de contenção a 4°C com 0,5% Ac. Ascórbico + 0,5% Ac. cítrico). Seguidamente aplicou-se o tratamento, de acordo com o descrito no Quadro 11-1. As amostras submetidas ao tratamento químico (TQ4) foram imersas numa solução aquosa de L-cisteína e ácido cítrico durante 2 minutos. Às maçãs submetidas ao tratamento C8 foi-lhe incorporado um revestimento à base de pectina de baixo metóxilo com agentes antioxidantes (L-cisteína e ácido cítrico). As maçãs submetidas aos tratamentos físicos (TF3 e TF4) foram submetidas a radiação U.V. durante 5,39 e 8,09 kJ/m<sup>2</sup> respectivamente. Simultaneamente foram utilizadas amostras de maçã minimamente processada às quais não se efectuou nenhum tratamento e que serviram de controlo.

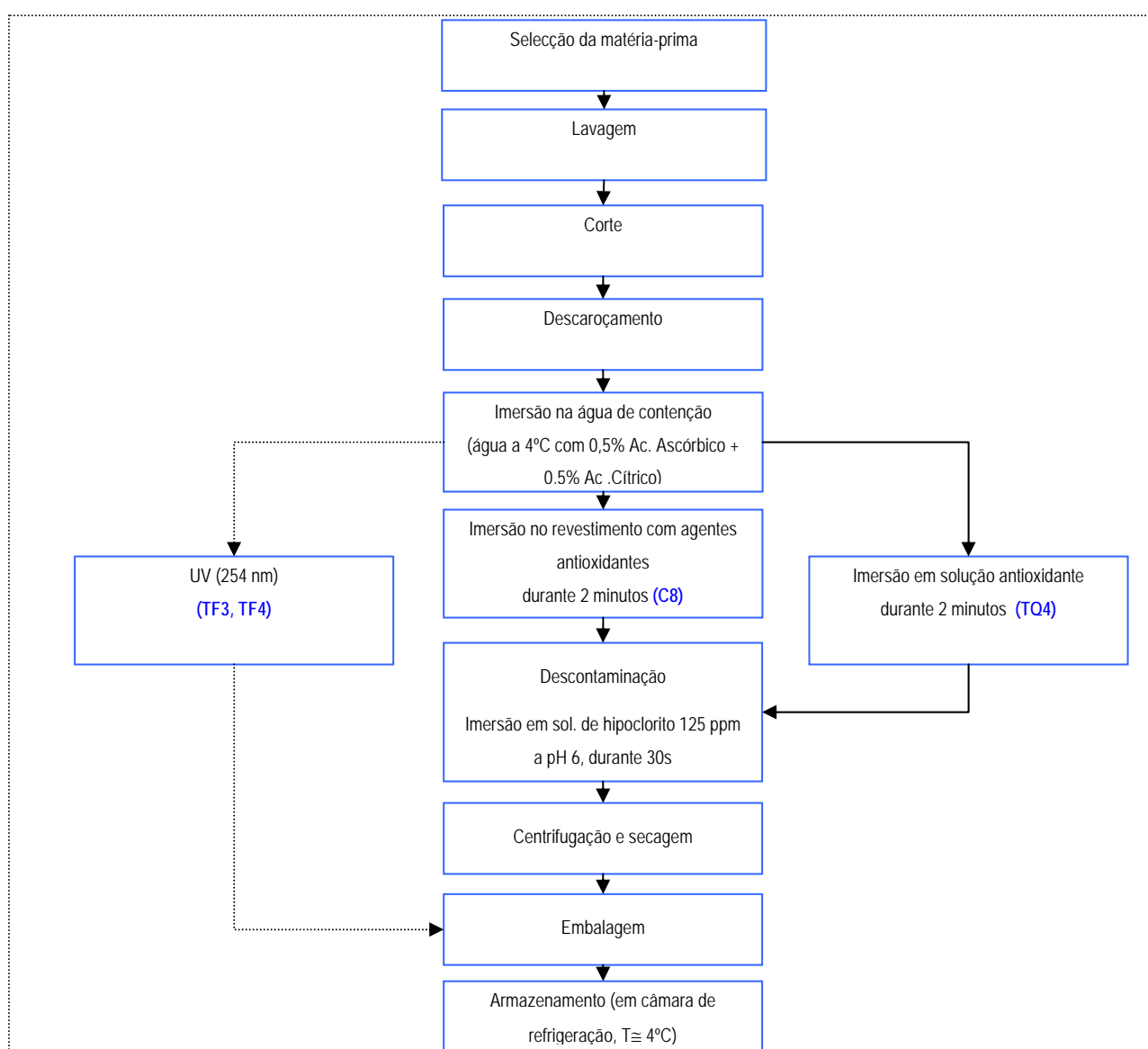


Figura 11-1 – Processamento mínimo.



Todas as amostras foram posteriormente embaladas e armazenadas em câmara de refrigeração a 4°C, durante 4 dias. Foi feita uma avaliação diária da cor durante o período de armazenamento. No dia do processamento mínimo (dia zero) foi feito um acompanhamento da cor imediatamente após o processamento mínimo e 150 minutos depois.

### **11.1. Apresentação e discussão dos resultados**

Nas figuras seguintes (Figura 11-2 a Figura 11-4) estão representados os resultados da determinação da cor durante o dia zero (dia do processamento mínimo).

Relativamente ao parâmetro  $L^*$  da cor (escurecimento), verificou-se que os tratamentos físicos tiveram um efeito negativo na maçã reineta minimamente processada. Imediatamente após o processamento mínimo (0 minutos) já se observavam diferenças significativas entre estas amostras (TF3 e TF4) e a matéria-prima (Anexo 6).

Após 150 minutos de exposição ao ar, todas as amostras se apresentavam significativamente diferentes da matéria-prima, isto é, mais escurecidas. Os níveis de radiação utilizados, relativamente elevados, podem ter implicado a activação enzimática, nomeadamente da PPO. Tornar-se-ia necessário testar níveis mais baixos de radiação e monitorizar a actividade da PPO.

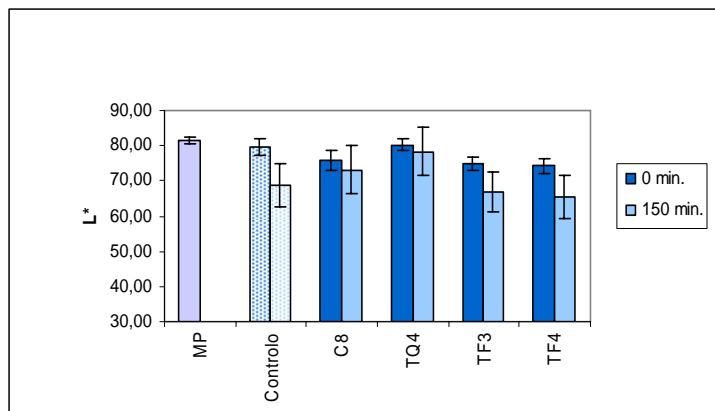


Figura 11-2 - Variação do parâmetro  $L^*$  da cor durante 150 minutos.

(MP – matéria-prima, TF3 e TF4 – amostras submetidas a tratamento físico aplicação de radiação UV. durante 10 e 15 minutos, C8 – amostra com revestimento à base de pectina de baixo metóxilo e agentes antioxidantes, TQ4 – amostra submetida a solução antioxidante de ácido cítrico e L-cisteína).

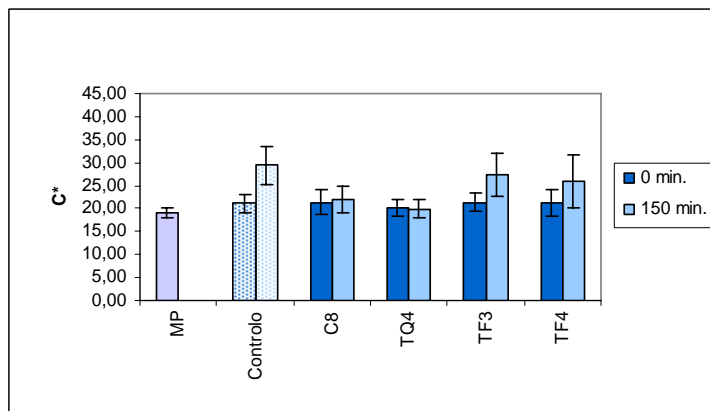


Figura 11-3 - Variação do parâmetro  $C^*$  da cor durante 150 minutos.

(MP – matéria-prima, TF3 e TF4 – amostras submetidas a tratamento físico aplicação de radiação UV. durante 10 e 15 minutos, C8 – amostra com revestimento à base de pectina de baixo metóxilo e agentes antioxidantes, TQ4 – amostra submetida a solução antioxidante de ácido cítrico e L-cisteína).

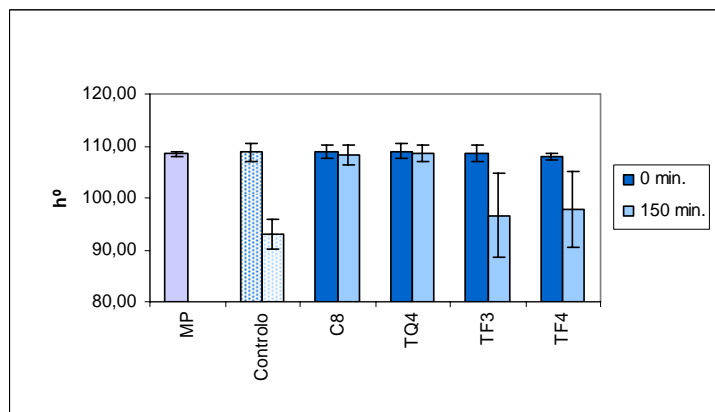


Figura 11-4 - Variação do parâmetro  $h^\circ$  da cor durante 150 minutos.

(MP – matéria-prima, TF3 e TF4 – amostras submetidas a tratamento físico aplicação de radiação UV. durante 10 e 15 minutos, C8 – amostra com revestimento à base de pectina de baixo metóxilo e agentes antioxidantes, TQ4 – amostra submetida a solução antioxidante de ácido cítrico e L-cisteína).

Relativamente ao parâmetro  $h^{\circ}$  da cor (tonalidade), verificou-se que quer as amostras C8 quer as amostras TQ4 mantiveram a tonalidade mesmo após 150 minutos de exposição ao ar.

As figuras seguintes (Figura 11-5 a Figura 11-7) representam a variação da cor ao longo do tempo de armazenamento.

Verifica-se que a amostra que escureceu menos foi a amostra TQ4 (tratamento químico por imersão das amostras na solução antioxidante de ácido cítrico e L-cisteína). Esta amostra manteve as características da matéria-prima durante os 3 dias de armazenamento (Anexo 6).

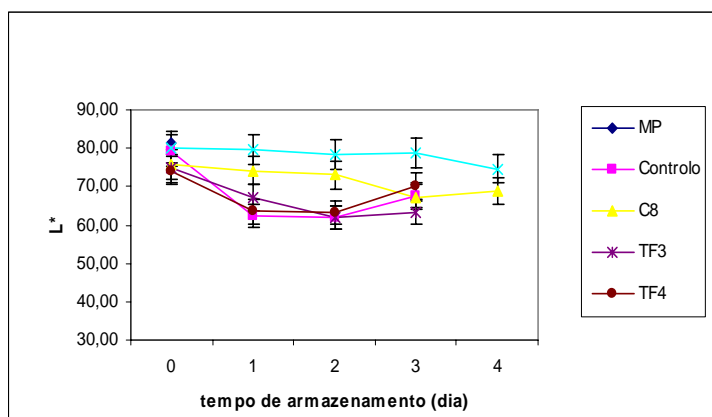


Figura 11-5 - Variação do parâmetro  $L^*$  da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).

(MP – matéria-prima, TF3 e TF4 – amostras submetidas a tratamento físico aplicação de radiação UV. durante 10 e 15 minutos, C8 – amostra com revestimento à base de pectina de baixo metóxilo e agentes antioxidantes, TQ4 – amostra submetida a solução antioxidante de ácido cítrico e L-cisteína).

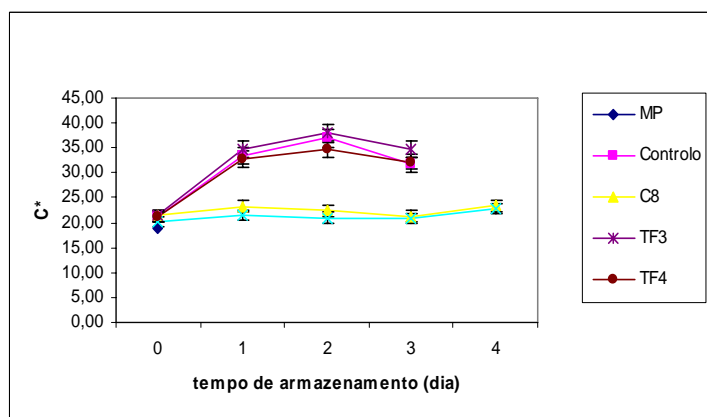


Figura 11-6 - Variação do parâmetro  $C^*$  da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).

(MP – matéria-prima, TF3 e TF4 – amostra submetidas a tratamento físico aplicação de radiação UV. durante 10 e 15 minutos, C8 – amostra com revestimento à base de pectina de baixo metóxilo e agentes antioxidantes, TQ4 – amostra submetida a solução antioxidante de ácido cítrico e L-cisteína).

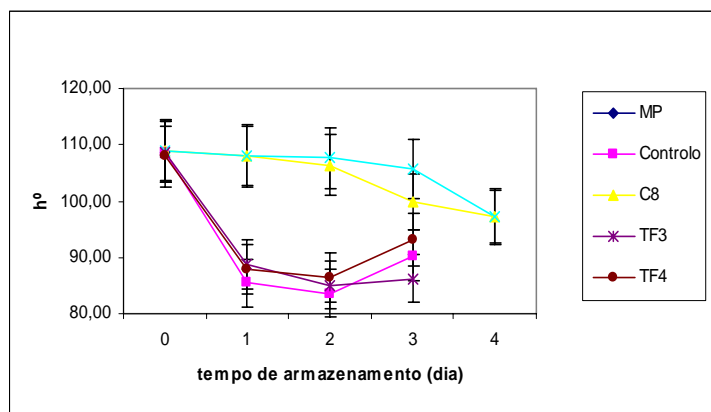


Figura 11-7 - Variação do parâmetro  $h^{\circ}$  da cor, ao longo do tempo de armazenamento (dias).

(MP – matéria-prima, TF3 e TF4 – amostras submetidas a tratamento físico aplicação de radiação UV. durante 10 e 15 minutos, C8 – amostra com revestimento à base de pectina de baixo metóxilo e agentes antioxidantes, TQ4 – amostra submetida a solução antioxidante de ácido cítrico e L-cisteína).

Esta amostra apresentou também os melhores resultados para os parâmetros  $c^*$  e  $h^{\circ}$  da cor. Verifica-se contudo, ao fim de 4 dias de armazenamento, uma variação significativa na tonalidade ( $h^{\circ}$ ) (Anexo 6). Esta alteração é aliás facilmente observável através das fotos aquando da realização do estudo (Figura 11-8).

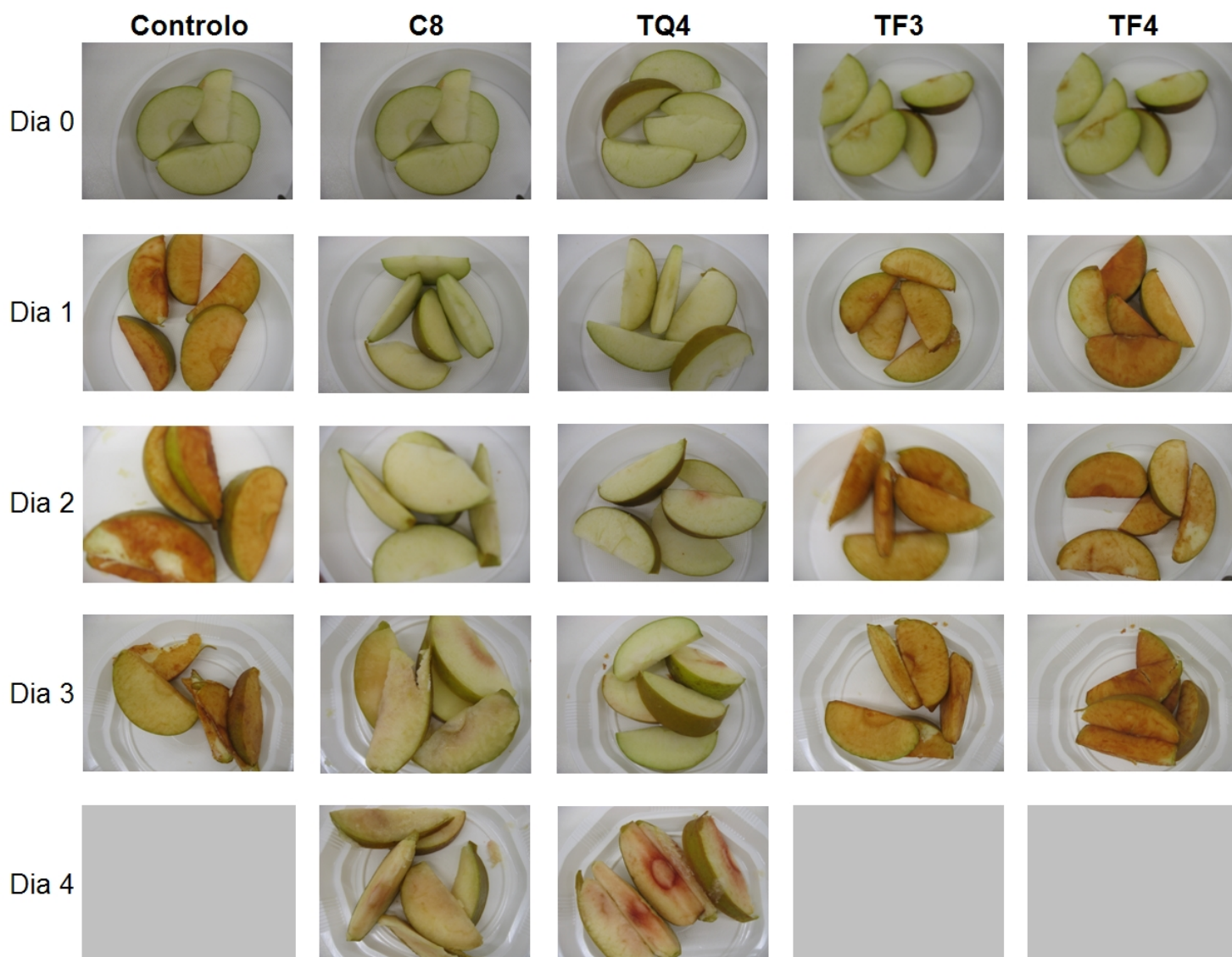


Figura 11-8 – Evolução da cor ao longo do tempo de armazenamento.

Assim, o tratamento mais eficaz que permitiu retardar o escurecimento da superfície da maçã reineta minimamente processada durante 3 dias de armazenamento a 4°C, foi o tratamento TQ4, no qual se submeteram as maçãs minimamente processadas a um tratamento químico por imersão numa solução aquosa com agentes antioxidantes (ácido cítrico e L-cisteína), durante dois minutos a 4°C.

## 12. Conclusões

Através dos resultados obtidos é possível retirar as seguintes conclusões:

- A maçã reineta parda caracteriza-se por um escurecimento acentuado no pós-corte durante a sua exposição ao ar, sendo a cor o principal atributo que limita o período de vida útil desta maçã minimamente processada;
- Nenhum dos métodos físicos testados mostrou ser uma metodologia alternativa eficaz aos métodos químicos, no sentido de prolongar o período de vida útil das maçãs minimamente processadas. Estes afectaram negativamente a cor e a textura da maçã reineta minimamente processada;
- A imersão imediata, no pós-corte, dos oitavos de maçã numa água de contenção, evidenciou ser eficaz na conservação das características da maçã reineta parda minimamente processada.
- Não obstante, o efeito negativo que as radiações U.V. exerceram nas maçãs minimamente processadas, esta tecnologia alternativa de descontaminação não deverá ser abandonada sem previamente testar níveis de radiação inferiores;
- A maçã reineta é uma cultivar que apresenta uma polpa de elevada porosidade e baixa densidade, pelo que o seu comportamento face à aplicação de revestimentos comestíveis nem sempre é o desejado. O seu efeito, de acordo com os resultados obtidos, não foi satisfatório.
- Embora os revestimentos comestíveis com a incorporação de agentes antioxidantes permitisse aumentar o período de vida útil da maçã reineta minimamente processada, verificou-se que a metodologia mais eficaz consistiu no tratamento singular por imersão durante 2 minutos numa solução de agentes antioxidantes com a seguinte concentração:

*0,5% L-cisteína (m/v) + 2% Ácido Cítrico (m/v)*

- O tratamento químico com essa solução antioxidante permitiu preservar durante 3 dias de armazenamento, o que já é comercialmente aceitável.

### 13. Proposta de trabalho futuro

O período de conservação de maçã reineta minimamente processada durante 3 dias é ainda limitado pelo que deverão ser testadas novas tecnologias, de forma a aumentar este período por mais alguns dias. Assim sendo, torna-se necessário:

- Estudar o efeito da aplicação de atmosferas modificadas activas em maçã reineta minimamente processada;
- Testar metodologias de descontaminação alternativas à água clorada (solução de hipoclorito de sódio), nomeadamente radiação U.V. a níveis de radiação inferiores;
- Testar outros agentes antioxidantes e avaliar o efeito na actividade enzimática.



## BIBLIOGRAFIA

- Abreu, M., S. Beirão-da-Costa, E. Gonçalves, M. L. Beirão-da-Costa & M. Moldão-Martins: Mild heat pre-treatments to promote quality retention of fresh-cut "Rocha" pear. *Postharvest Biology and Technology* 2003, **30** (2), 153-160.
- Agar, I. T., R. Massantini, B. Hess-Pierce & A. A. Kader: Postharvest CO<sub>2</sub> and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. *Journal of Food Science* 1999, **64**, 433-440.
- Ahvenainen, R. N.: New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. In: *Trends in Food Science and Technology*, Cambridge, 1996, pp. 179-187.
- Alves, A. M. T. G. V.: Processos de Descontaminação de Cenoura Minimamente Processada. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2004, pp. 50p.
- Baldwin, E. A.: Edible coatings for fresh fruits and vegetables: past present, and future. In: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Eds.: E. A. Baldwin and M. O. Nisperos-Carriedo. Technomic Publishing, Lancaster:Basel, 1994, pp. 25-64.
- Baldwin, E. A., J. K. Burns, W. Kazokas, J. K. Brecht, R. D. Hagenmaier, R. J. Bender & E. Pesis: Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology* 1999, **17**, 215-226.
- Baldwin, E. A., M. O. Nisperos-Carriedo & R. A. Baker: Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *Hortscience* 1995, **30** (1), 35-38.
- Baldwin, E. A., M. O. Nisperos, X. Chen & R. D. Hagenmaier: Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 1996, **9**, 151-163.
- Baldwin, E. A., M. O. Nisperos, R. H. Hagenmaier & R. A. Baker: Use of lipids in edible coatings for food products. *Food Technology* 1997, **51**, 56-62.
- Barden, J. A. & G. H. Nielsen: Selecting the Orchard Site. In: *Apples - Botany, Productions and Uses*. Eds.: D. C. Ferree and I. J. Warrington. CAB International, London, 2003, pp. 238-265.

- Barrancos, S. M. G.: Maçã Minimamente Processada. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2002, pp. 85p.
- Beirão-da-Costa, S., A. Steiner, L. Correia, E. Leitão, J. Empis & M. Moldão-Martins: Influence of moderate heat pre-treatments on physical and chemical characteristics of kiwifruit slices. *Eur Food Res Technology* 2007.
- Beirão-da-Costa, S. M. M.: Conservação de Maçã Bravo de Esmolfe por Aplicação de Filmes Edíveis. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1998, pp. 69p.
- Belloso, O. M., R. S. Fortuny & G. O. Su: Avances en la Mejora de la Calidade Comercial de los Frutos Frescos Cortados: Aspectos Físico-Químicos y Microbiológicos. *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Pós-Colheita e Agro-Exportações*. Cartagena, 2007.
- Billaud, C., S. Brun-Mérimée, L. Louarme & J. Nicolas: Effect of glutathione and Maillard reaction products prepared from glucose or fructose with glutathione on polyphenoloxidase from apple: Enzymatic browning and enzyme activity inhibition. *Food Chemistry* 2004, **84**, 223-233.
- Cameron, A. C., P. C. Talasila & D. W. Joles: Predicting Film Permeability Needs For Modified Atmosphere Packaging of Lightly Processed Fruits and Vegetables. *Hortscience* 1995, **30** (1), 25-24.
- Cantwell, M. & T. Suslow: Fresh-cut Fruits and Vegetables: Aspects of Physiology, Preparation and Handling that Affect Quality. *Fresh-Cut Workshop*. U C Davis, 1999.
- Caracol, T. C. F.: Kiwi Minimamente Processado. Estudo da Influência de Pré-tratamentos Térmicos Moderados. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003, pp. 87p.
- Chardonnet, C. O., C. S. Charron, C. E. Sams & W. S. Conway: Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated Golden Delicious apples during storage. *Postharvest Biology and Technology* 2003, **28**, 97-111.
- Clydesdale, F. M.: Color Measurement. Food analysis, principles and techniques. Ed.: M. a. D. Inc, New York, 1984, pp. 95-149.

- Correia, L. G.: Influência dos Pré-tratamentos Térmicos Na Qualidade de Cenoura Minimamente Processada. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2004, pp. 80p.
- Crespo, I., P. Elez-Martínez, C. Sánchez-Moreno, B. d. Ancos & M. P. Cano: Efecto de la aplicación de Recubrimientos Comestibles Sobre Calidad Y Compuestos fitoquímicos de Papaya Pre-cortada. V *Congresso Ibero-Americano de Tecnologia Pós-Colheita e Agro-Exportações*. Cartagena, 2007.
- Cruz, L. M. C. D.: Pêssego Minimamente Processado. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003, pp. 94p.
- Curtis, Y. W., W. F. H. Susan & C. M. Schnepf: Development and application of multicomponent edible coatings and films. A review. *Advances in Food and Nutrition Research* 2002, **44**, 347-394.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A., Voilley, A.: Edible films and coatings: tomorrow s packagings: a review. *Crit. Rev. Food Sci.* 1998, **38**, 299-313.
- Del Valle, J. D., A. V. & L. H.: Effects of blanching and calcium infiltration on PPO activity, texture, microstructure and kinetics of osmotic dehydration of apple tissue. *Food Research International* 1998, **31 (8)**, 557-569.
- Empis, J. & M. Moldão-Martins: Produtos Hortofrutícolas Frescos ou Minimamente Processados. Refrigeração. Sociedade Portuguesa de Inovação, 2000, pp. 107.
- Ferreira, J. T.: Variedades de Macieira. Instituto Nacional de Investigação Agrária. Estação Nacional de Fruticultura Vieira Natividade, Alcobaça, 1994.
- Ferreres, F., M. I. Gil, M. Castañer & F. A. Tomás-Barberán: Phenolic metabolites in red pigmented lettuce (letuca sativa) - changes with minimal processing and cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1997, **45**, 4249 - 4254.
- Fourier, P. C.: Fruit and Human Nutrition. In: *Fruit Processing*. Eds.: D. Arthey and P. R. Ashurst. Blackie Academic & Professional, Glasgow, 1996, pp. 20-39.

- Garcia, E. & D. M. Barret: Preservative Treatments for Fresh-cut Fruits and Vegetables. Ed.: L. O. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2002, pp. 267-303.
- Gennadios, B. & C. L. Weller: Edible Films and Coatings from Soymilk and Soy Protein. *Cereal Foods World* 1991, **36** (12), 1004-1009.
- Gerschenson, L. N., A. M. Rojas & A. G. Marangoni: Effects of processing on kiwi fruit dynamic rheological behaviour and tissue structure. *Food Research International* 2001, **34**, 1-6.
- Gorny, J. R., B. Hess-Pierce & A. A. Kader: Quality changes in fresh-cut peach and nectarine as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments. *Journal of Food Science* 1999, **64**, 429 - 432.
- Gorny, J. R. & A. A. Kader: Fresh-cut fruit products. In: Cantwell, M. (Ed.), Fresh-cut Products: Maintaining Quality and Safety. *Postharvest Outreach Program, University of California, Davis, CA.*, 1996, pp. 99-107.
- GPP: Diagnósticos Sectoriais - Maçã. GPP-Gabinete de Planeamento e Políticas, 2007, pp. 17p.
- Guilbert, S., N. Gontard & L. G. M. Gorris: Prolongation of the Shelf-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. *Lebensmittel und Wissenschaft U Technology* 1996, **29**, 10-17.
- Hagenmaier, R. D., Baker, R.A., 1993.: Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coatings. *J. Agric. Food Chemistry* 1993, **41**, 283-287.
- Han, C., Y. Zhao, S. W. Leonard & M. G. Traber: Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*). *Postharvest Biology and Technology* 2004, **33**, 67-78.
- Hardenburg, R. E.: Wax and Related Coatings for Horticultural Products. *Agricultural Research Service Bulletin* 1967, 51-55.
- Hernández, Y., M. Gonzalez & M. G. Lobo: Importância do Grau de Maturação no Processamento Mínimo de Frutos. *V Congresso Ibero-Americano de Tecnologia Pós-colheita e Agro-Exportações*. Cartagena, 2007 b.

- Hernández, Y., M. G. Lobo & M. González: Optimización del Tipo de Troceado de Papaya Mínimamente Procesada Y su efecto en la Translucidez. *V Congreso Ibero-Americano de Tecnología Pós-colheita e Agro-Exportações*. Cartagena, 2007 a.
- Hulme, A. C. & M. J. C. Rhodes: Pomme Fruits. In: *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. Ed.: A. C. Hulme. Academic Press, London, 1971, pp. 333-373.
- Kader, A. A. & D. M. Barret: Classification, Composition of Fruits, and Postharvest Maintenance of Quality. In: *Biology, Principles and Applications*. Eds.: L. P. Somogyi, H. S. Ramaswamy and Y. H. Hui, 1996.
- Kester, J. J. & O. R. Fennema: Edible Films and Coatings. A review. *Food Technology* 1986, **12**, 47-59.
- Krochta, J. M. & C. Mulder-Johnston: Edible and Biodegradable Polymer films: Challenges and Opportunities. *Food Technology* 1997, **51** (2), 61-74.
- Lee, J. Y., H. J. Park, C. Y. Lee & W. Y. Choia: Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensmittel und Wissenschaft U. Technology* 2003, **36**, 323-329.
- Lidon, F. & M. Silvestre: Indústrias Alimentares. Aditivos e Tecnologia. Escolar Editora, 2007, pp. 359p.
- López-Gálvez, G., M. E. Salveit & M. Cantwell: The visual quality of minimally processed lettuce stored in air or controlled atmospheres with emphasis on romaine and iceberg types. *Postharvest Biology and Technology* 1996, **8**, 179-190.
- Lu, C., P. M.A. & Toivonen: Effect of 1 and 100 kPa O<sub>2</sub> atmospheric pretreatments of hole Spartan apples on subsequent quality and shelf life of slices stored in modified atmosphere packages. *Postharvest Biology and Technology* 2000, **18**, 99-107.
- Lurie, S.: Postharvest Heat Treatments of Horticultural Crops: Commodity Responses. *Postharvest Biology and Technology* 1998, **18**, 257-269.
- M.Moldão-Martins: Substâncias Pécicas na Tecnologia do Sumo Límpido de Maçã. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1989.

- McGuire, R. G.: Reporting of objective color measurement. *Hortscience* 1992, **27**, 1254-1255.
- McGuire, R. G. & G. J. Hallman: Coating guavas with cellulose- or carnauba-based emulsions interferes with postharvest ripening. *HortScience* 1995, **30**, 294-295.
- Mei, Y., Y. Zhao, J. Yang & H. C. Furr: Using edible coating to enhance nutritional and sensory qualities of baby carrots. *Journal of Food Science* 2002, **67**, 1964-1968.
- Mitchell, F. G.: Cooling Horticultural Commodities. In: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Ed.: A. A. Kader. Univ. California, 1992a, pp. 53-68.
- Natural-Food-Fruit: Natural Food Fruit. [http://www.naturalhub.com/natural\\_food\\_guide\\_fruit\\_common.htm](http://www.naturalhub.com/natural_food_guide_fruit_common.htm), 2007.
- Nicolas, J. J., R.-F. F. C., G. P. M., M. J. Amiot & S. Y. Aubert: Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 1994, **34**, 109-157.
- NP1421: Géneros alimentícios derivados de frutos e de produtos hortícolas. Determinação da acidez. Instituto Português da Qualidade, 1977.
- NP1974: Pescado. Determinação do teor da matéria gorda total. Instituto Português da Qualidade, 1991.
- NP2032: Pescado. Determinação do teor de cinza. Instituto Português da Qualidade, 1988.
- Park, H. J.: Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science & Technology* 1999, **10**, 254-260.
- Perez-Gago, M. B., M. Serra, M. Alonso, M. Mateos & M. A. d. Río: Effect of whey protein- and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology* 2005, **36**, 77-85.
- Pernas, B. M. F. G.: Tecnologia de Barreiras na Conservação de Maçã Reineta Minimamente Processada. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007, pp. 50p.

- Piga, A., A. D. Caro, I. Pinna & M. Agabbio: Changes in ascorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear fruits. *Lebensmittel und wissenschaft U. Tech.*, 2003, pp. 257 - 262.
- Reyes, V. G.: Improved preservation systems for minimally processed vegetables. *Food Australia* 1996, **48** (02), 87-93.
- Ribéreau-Gayon, J., E. Pynaud, P. Sudraud & P. Ribéreau-Gayon: índice de fenois totais. Medição da absorção no U.V. In: *ome 1 - Analyse et controle des vins*. Ed.: S. E. T. D. Vin, 1978.
- Rocha, A. M. C. N. & A. M. M. B. Morais: Characterization of polyphenoloxidase (PPO) extracted from Jonagored apple. *Food Control* 2001, **12**, 85-90.
- Rodrigues, M. M. F. R. F.: Estudo da Aplicabilidade da Calorimetria Diferencial de Varrimento ao Acompanhamento da Conservação de Maçã. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003, pp. 78p.
- Rolle, R. S. & G. W. Chism: Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality* 1987, **10**, 157-159.
- Salinas-Hernández, R., S. Reyes, N. Sabbag, S. Costa, G. G. Aguilar & M. E. Pirovani: Modelado de los Cambios En Los Atributos Sensoriales de Fresas Frescas Cortadas. *V Congreso Ibero-Americano de Tecnología Pós-colheita e Agro-Exportações*. Cartagena, 2007 (a).
- Saltveit, M. E.: Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biology and Technology* 2000, **21**, 61-69.
- Sapata, M. M., M. C. Carocho & T. Mota: Alimentos de IV Gama: Qualidade e Estabilidade. *II Jornadas das Indústrias Agro-Alimentares*. Instituto Superior de Agronomia, 1996, pp. 125-131.
- Shewfelt, R. L.: Postharvest Treatment for Extending the Shelf Life of Fruits and Vegetables. *Food Technology* 1996, **5**, 70-80.

- Smith, J. P. & H. S. Ramaswamy: Packaging of Fruits and Vegetables. In: *Processing Fruits: Science and Technology*. Eds.: L. P. Somogy, H. S. Ramaswamy and Y. H. Hui. Technomic Publishing Company, USA, 1996, pp. 379-428.
- Sousa, B. S., J. F. Durigan, G. H. A. Teixeira & J. R. Dondadon: Mangas "Keit" Minimamente Processadas Tratadas com Cloreto de Cálcio. *V Congresso Iberoamericano de Tecnologia Pós-colheita e Agro-exportações*. Cartagena, 2007.
- Tanada-Palmu, P. S. & C. R. F. Grosso: Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology* 2005, **36**, 199-208.
- Trillot, M., A. Masseron & C. Tronel: Pomme, les variétés. INRA, 1993.
- USDA: USDA National Nutrient Database for Standard Reference. 2006, **19**.
- Vargas, L. V. e., A. C. Yah, T. Canul, J. T. Cortez, C. S. Veloz & E. S. Duch: Variación de la Respiración y producción de Etileno de Rebanadas de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). *V Congresso Ibero-Americano de Tecnologia Pós-colheita e Agro-Exportações*. Cartagena, 2007.
- Varoquaux, P. & R. C. Wiley: Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Ed.: R. C. Wiley. Chapman & Hall, New York, 1997.
- Vieira, S., M. M. Sapata, M. B. Sousa, L. Andrade, C. Antunes, M. Moldão-Martins, M. L. Beirão-da-Costa & M. Candeias: Influência da Embalagem e da Composição da Atmosfera no Processamento Mínimo de Vegetais. *5º Encontro de Química dos Alimentos - Qualidade, Segurança e Inovação*. Porto, 2001, pp. 649-651.
- Vieira, S. I. D. C. D.: Estudos de Conservação de Vegetais Minimamente Processados. In: *Instituto Superior de Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003, pp. 77p.
- Watada, A. E. & L. Qi: Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 1999, **15**, 201-205.
- Whitaker, J. R. & C. Y. Lee: Principles of enzymology for the food sciences. Marcel Dekker, New York, 1995.



Wiley, R. C.: Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Chapman & Hall., New York, 1994.

Xu, S., L. D. Xu & X. Chen: Determining optimum edible films for kiwifruits using an analytical hierarchy process. *Computers & Operations Research* 2003, **30**, 877-886.

Zagory, D. & A. A. Kader: Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 1988, **42(9)**, 70-77.

# ANEXOS

# ANEXO 1

## Composição Química da Maçã

**Composição Química da Maça**

	Unidades	Valor por 100g
Água	g	85,56
Valor energético	kcal	52
Proteína	g	0,26
Lípidos	g	0,17
Cinza	g	0,19
Hidratos de Carbono	g	13,81
Fibra	g	2,4
Açúcares totais	g	10,39
<b>Minerais</b>		
Cálcio	mg	6
Ferro	mg	0,12
Magnésio	mg	5
Fósforo	mg	11
Potássio	mg	107
Sódio	mg	1
Zinco	mg	0,04
Cobre	mg	0,027
Manganês	mg	0,035
Flúor	µg	3,3
Selénio	µg	0,0
<b>Vitaminas</b>		
Vitamina C	mg	4,6
A	IU	54
E	mg	0,18
Tiamina	mg	0,017
Riboflavina	mg	0,026
Niacina	mg	0,091
Ácido Pantoténico	mg	0,061
B6	mg	0,041
B12	µg	0,00

## ANEXO 2

### Análise de variâncias dos resultados do estudo 8

Análise de variâncias dos resultados do estudo 8 (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

Amostras	L*	C*	h°	Perda de massa (%)
MP	79,90 bc	25,44 a	111,82 c	
Controlo	72,29 a	34,14 c	93,89 a	6,14 a
B5	77,48 abc	27,38 ab	111,21 c	5,78 a
B6	74,36 ab	32,18 bc	100,17 b	6,00 a
C5	77,39 abc	26,51 ab	109,56 c	6,49 a
C6	82,21 c	24,63 a	113,76 c	5,55 a

## ANEXO 3

### Ficha de prova de análise sensorial

## INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

## Departamento de Agro-Indústrias e Agronomia Tropical

## ANÁLISE SENSORIAL DE MAÇÃ REINETA MINIMAMENTE PROCESSADA

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Prove as 4 amostras. Descreva-as nos vários atributos, colocando uma cruz nas quadriculas que melhor as definem.

**COR****Escurecimento**

	VTY	BCW	OFT	EJM
Ausente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fraco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intenso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito Intenso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**CHEIRO****Estranho**

	VTY	BCW	OFT	EJM
Ausente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fraco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intenso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito Intenso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**TEXTURA****Dureza**

	VTY	BCW	OFT	EJM
Muito Mole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Firme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito Firme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**GOSTO****Estranho**

	VTY	BCW	OFT	EJM
Ausente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fraco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intenso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito Intenso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**SUCULÊNCIA**

	VTY	BCW	OFT	EJM
Muito Suculenta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderadamente Suculenta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pouco Suculenta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**INTENÇÃO DE COMPRA**

	VTY	BCW	OFT	EJM
Comprava	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Talvez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Não Comprava	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obrigada pela Colaboração.



## ANEXO 4

### Análise de variâncias dos resultados do estudo 9

Análise comparativa de amostras para o parâmetro L\* da cor (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

	Dia 0		Dia 0		Dia 2	
	0 min.		30 min.			
MP	81,77	e				
Controlo	70,63	a	74,15	bc	71,51	ab
TQ1	75,78	cd	73,72	abc	73,00	abc
C6	78,74	de	74,85	cd	75,55	cd
C7	77,98	de	77,34	d	73,71	bc

Análise comparativa de amostras para a cromaticidade (C\*) (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

	Dia 0		Dia 0		Dia 2	
	0 min.		30 min.			
MP	16,41	a				
Controlo	24,01	cde	26,19	f	25,04	cdef
TQ1	25,57	ef	25,22	def	25,83	f
C6	17,16	a	19,36	b	23,69	cd
C7	17,62	a	17,56	a	23,36	c

Análise comparativa de amostras para a tonalidade (h°) (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

	Dia 0		Dia 0		Dia 2	
	0 min.		30 min.			
MP	110,69	gh				
Controlo	96,35	abc	95,41	ab	94,85	a
TQ1	98,87	e	97,35	cde	98,36	de
C6	109,82	gh	106,75	f	98,04	cde
C7	111,02	h	109,05	g	96,99	bcd

Análise comparativa de amostras para a força máxima de compressão e trabalho de compressão, no dia zero (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

	F max.		Trabalho	
Controlo	54,61	b	188,74	b
TQ1	49,09	a	163,53	a
C6	53,54	b	179,65	b
C7	56,10	b	193,61	b

## ANEXO 5

### Análise de variâncias dos resultados do estudo 10

Análise comparativa de amostras para o parâmetro L\* da cor no dia zero (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

L\*

	0 min.	30 min.	60 min.	120 min.
MP	81,07 <b>l</b>			
Controlo	78,61 <b>jkl</b>	75,69 ghi	74,40 fgh	73,16 efg
TF1	73,35 defg	70,68 bcde	68,47 abc	66,40 a
TF2	77,29 <b>hijkl</b>	70,14 abcde	69,61 acd	67,51 ab
TFQ1	77,41 <b>hijkl</b>	75,69 fghij	76,07 ghij	72,95 defg
TQ2	79,94 <b>kl</b>	78,42 <b>ijkl</b>	80,69 <b>l</b>	78,93 <b>jkl</b>
TQ3	78,79 <b>ijkl</b>	80,34 <b>l</b>	76,28 ghijk	78,63 <b>ijkl</b>
TQ4	74,07 efgh	79,42 <b>jkl</b>	79,17 <b>jkl</b>	71,75 cdef

Análise comparativa de amostras para o parâmetro L\* da cor ao longo de 4 dias de armazenamento (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

L\*

	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MP	81,07 <b>j</b>				
Controlo	78,61 <b>j</b>	68,43 d	70,84 de	72,38 ef	
TF1	73,35 efg	61,01 bc	59,26 ab	56,92 a	
TF2	77,29 <b>ghij</b>	71,92 def	72,66 ef	74,55 fghi	
TFQ1	77,41 <b>hij</b>	63,96 c	62,40 bc	62,23 bc	
TQ2	79,94 <b>j</b>	77,57 <b>hij</b>	70,52 def	70,53 de	
TQ3	78,79 <b>j</b>	78,59 <b>ij</b>	80,46 <b>j</b>	80,00 <b>j</b>	79,55 <b>j</b>

TQ4                      74,07   *efgh*                      78,05   *hij*                      79,58   *j*                      80,35   *j*                      78,08   *hij*

Análise comparativa de amostras para o parâmetro C\* da cor no dia zero (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

C\*

	0 min.	30 min.	60 min.	120 min.
MP	22,36 <i>abcde</i>			
Controlo	21,17 <i>ab</i>	25,60 <i>fg</i>	27,19 <i>gh</i>	28,52 <i>hi</i>
TF1	24,77 <i>ef</i>	31,00 <i>j</i>	30,09 <i>ij</i>	29,93 <i>ij</i>
TF2	23,65 <i>cdef</i>	26,04 <i>fg</i>	28,64 <i>hij</i>	29,20 <i>hij</i>
TFQ1	20,79 <i>ab</i>	22,52 <i>abcde</i>	23,96 <i>def</i>	23,64 <i>cdef</i>
TQ2	21,46 <i>abc</i>	21,61 <i>abcd</i>	22,81 <i>abcde</i>	21,97 <i>abcd</i>
TQ3	20,56 <i>a</i>	20,93 <i>ab</i>	20,48 <i>a</i>	21,49 <i>abcd</i>
TQ4	21,10 <i>abc</i>	23,31 <i>bcde</i>	22,33 <i>abcde</i>	21,14 <i>abc</i>

Análise comparativa de amostras para o parâmetro C\* da cor ao longo de 4 dias de armazenamento (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

C\*

	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MP	22,36 <i>abc</i>				
Controlo	21,17 <i>a</i>	28,95 <i>ghi</i>	28,75 <i>fghi</i>	29,78 <i>hij</i>	
TF1	24,77 <i>bcd</i>	32,76 <i>kl</i>	33,27 <i>l</i>	33,55 <i>l</i>	
TF2	23,65 <i>abcd</i>	30,47 <i>hijkl</i>	31,15 <i>ijkl</i>	30,91 <i>hijkl</i>	
TFQ1	20,79 <i>a</i>	29,55 <i>ghijk</i>	31,97 <i>jkl</i>	32,56 <i>kl</i>	
TQ2	21,46 <i>a</i>	22,49 <i>abc</i>	26,26 <i>def</i>	27,96 <i>defg</i>	
TQ3	20,56 <i>a</i>	22,03 <i>ab</i>	23,59 <i>abcd</i>	26,25 <i>defg</i>	25,41 <i>cde</i>

TQ4	21,10 a	20,54 a	22,80 abc	22,30 abc	21,77 ab
-----	---------	---------	-----------	-----------	----------

Análise comparativa de amostras para o parâmetro  $h^{\circ}$  da cor no dia zero (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

$h^{\circ}$

	0 min.	30 min.	60 min.	120 min.
MP	106,34 hi			
Controlo	105,84 h	98,37 g	96,88 fg	94,71 de
TF1	95,61 ef	91,95 bc	89,99 ab	88,17 a
TF2	105,41 h	97,16 fg	94,87 def	92,99 cd
TFQ1	107,84 hi	107,39 hi	106,81 hi	106,18 hi
TQ2	105,85 hi	106,16 hi	106,28 hi	106,26 hi
TQ3	108,21 i	108,40 i	108,04 hi	108,28 i
TQ4	106,95 hi	107,47 hi	107,19 hi	106,02 hi

Análise comparativa de amostras para o parâmetro  $h^{\circ}$  da cor ao longo de 4 dias de armazenamento (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

$h^{\circ}$

	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MP	106,34 jk				
Controlo	105,84 jk	91,44 ef	92,77 fg	93,50 fgh	
TF1	95,61 h	82,89 bc	81,96 ab	79,22 a	
TF2	105,41 ijk	92,49 efg	93,01 fgh	94,19 gh	
TFQ1	107,84 k	89,73 e	86,39 d	85,71 cd	
TQ2	105,85 jk	102,53 i	94,81 gh	92,42 efg	

TQ3	108,21 <b>k</b>	107,16 <b>jk</b>	107,02 <b>jk</b>	106,83 <b>jk</b>	106,37 <b>jk</b>
TQ4	106,95 <b>jk</b>	106,84 <b>jk</b>	106,26 <b>jk</b>	105,40 <b>ijk</b>	104,25 <b>ij</b>

Análise comparativa de amostras para o parâmetro força máxima de compressão ao longo de 3 dias de armazenamento (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

#### Força Máxima de compressão (N)

	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3
MP	18,52 <b>h</b>			
TF1	15,73 <b>ef</b>	14,90 <b>de</b>	13,04 <b>bc</b>	11,67 <b>ab</b>
TF2	17,35 <b>fgh</b>	18,21 <b>gh</b>	16,51 <b>efg</b>	17,20 <b>fgh</b>
TFQ1	15,61 <b>def</b>	13,93 <b>cd</b>	12,73 <b>bc</b>	10,86 <b>a</b>

Análise comparativa de amostras para o parâmetro trabalho de compressão ao longo de 3 dias de armazenamento (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

#### Trabalho (N.s)

	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3
MP	48,89 <b>fg</b>			
TF1	42,63 <b>cde</b>	46,21 <b>efg</b>	37,79 <b>ab</b>	34,73 <b>a</b>
TF2	44,49 <b>def</b>	49,14 <b>g</b>	46,75 <b>efg</b>	46,58 <b>efg</b>
TFQ1	40,11 <b>bcd</b>	39,57 <b>bc</b>	37,21 <b>ab</b>	33,94 <b>a</b>



## ANEXO 6

Análise de variâncias dos resultados do estudo 11

Análise comparativa de amostras para o parâmetro L\* da cor no dia zero (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

L\*

	Dia 0 0 min	Dia 0 150 min
<b>MP</b>	81,54 <b>h</b>	
<b>Controlo</b>	79,42 <b>gh</b>	68,54 bc
<b>C8</b>	75,76 ef	73,14 d
<b>TQ4</b>	80,28 <b>gh</b>	78,35 fg
<b>TF3</b>	74,82 de	66,65 ab
<b>TF4</b>	74,19 de	65,35 a

Análise comparativa de amostras para o parâmetro L\* da cor ao longo de 4 dias de armazenamento (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

L\*

	Dia 0		Dia 1		Dia 2		Dia 3		Dia 4	
<b>MP</b>	81,54	<b>h</b>								
<b>Controlo</b>	79,42	<b>h</b>	62,28	a	61,94	a	67,72	b		
<b>C8</b>	75,76	fg	74,16	ef	73,00	de	67,34	b	68,89	bc
<b>E1</b>	73,22	def	72,41	de	70,89	cd	62,40	a	68,90	bc
<b>TQ4</b>	80,28	<b>h</b>	79,53	<b>h</b>	78,48	<b>gh</b>	78,61	<b>h</b>	74,67	ef
<b>TF3</b>	74,82	ef	67,14	b	61,92	a	63,31	a		
<b>TF4</b>	74,19	ef	63,48	a	63,28	a	70,28	cd		

Análise comparativa de amostras para o parâmetro C\* da cor no dia zero (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

	Dia 0 0 min	Dia 0 150 min
<b>MP</b>	18,97 <b>a</b>	
<b>Controlo</b>	21,18 <b>abc</b>	29,40 <b>e</b>
<b>C8</b>	21,39 <b>bc</b>	21,97 <b>c</b>
<b>TQ4</b>	20,10 <b>ab</b>	19,94 <b>ab</b>
<b>TF3</b>	21,38 <b>bc</b>	27,34 <b>d</b>
<b>TF4</b>	21,24 <b>abc</b>	25,97 <b>d</b>

Análise comparativa de amostras para o parâmetro C\* da cor ao longo de 4 dias de armazenamento (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

C\*

	Dia 0		Dia 1		Dia 2		Dia 3		Dia 4	
<b>MP</b>	18,97	<b>a</b>								
<b>Controlo</b>	21,18	<b>abcde</b>	33,51	<b>ij</b>	37,01	<b>k</b>	31,63	<b>gh</b>		
<b>C8</b>	21,39	<b>bcde</b>	23,27	<b>f</b>	22,36	<b>cdef</b>	21,28	<b>abcde</b>	23,46	<b>f</b>
<b>E1</b>	22,26	<b>cdef</b>	22,76	<b>ef</b>	22,51	<b>def</b>	20,79	<b>abc</b>	21,55	<b>bcde</b>
<b>TQ4</b>	20,10	<b>ab</b>	21,51	<b>bcde</b>	21,00	<b>abcd</b>	20,89	<b>abc</b>	22,83	<b>ef</b>
<b>TF3</b>	21,38	<b>bcde</b>	34,70	<b>j</b>	37,97	<b>k</b>	34,79	<b>j</b>		
<b>TF4</b>	21,24	<b>bcde</b>	32,64	<b>hi</b>	34,77	<b>j</b>	32,25	<b>gh</b>		

Análise comparativa de amostras para o parâmetro  $h^{\circ}$  da cor no dia zero (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

$h^{\circ}$

	Dia 0 0 min	Dia 0 150 min
MP	108,48 <b>c</b>	
Controlo	108,73 <b>c</b>	93,03 <b>a</b>
C8	108,90 <b>c</b>	108,29 <b>c</b>
TQ4	109,04 <b>c</b>	108,59 <b>c</b>
TF3	108,65 <b>c</b>	96,60 <b>b</b>
TF4	107,96 <b>c</b>	97,79 <b>B</b>

Análise comparativa de amostras para o parâmetro  $h^{\circ}$  da cor ao longo de 4 dias de armazenamento (análise de variância Anova/Manova – Teste Fisher LSD, amostras com letras diferentes correspondem a amostras significativamente diferentes para um nível de confiança de 95%).

$h^{\circ}$

	Dia 0		Dia 1		Dia 2		Dia 3		Dia 4	
MP	108,48	<b>ijk</b>								
Controlo	108,73	<b>k</b>	85,45	<b>ab</b>	83,62	<b>a</b>	90,24	<b>d</b>		
C8	108,90	<b>k</b>	107,98	<b>jk</b>	106,42	<b>ij</b>	99,90	<b>g</b>	97,14	<b>f</b>
E1	109,09	<b>k</b>	106,40	<b>ij</b>	103,07	<b>h</b>	93,37	<b>e</b>	93,23	<b>e</b>
TQ4	109,04	<b>k</b>	108,04	<b>jk</b>	107,61	<b>ijk</b>	105,71	<b>i</b>	97,37	<b>f</b>
TF3	108,65	<b>k</b>	88,67	<b>cd</b>	85,05	<b>ab</b>	86,25	<b>bc</b>		
TF4	107,96	<b>ijk</b>	87,99	<b>c</b>	86,38	<b>bc</b>	93,08	<b>e</b>		